"A mente que se abre a uma nova ideia jamais volta ao seu tamanho original." (Albert Einstein)

Dissertação efectuada sobre a supervisão científica da Doutora Filomena Soares, Professora Associada do Departamento de Electrónica Industrial da Universidade do Minho

Resumo

A refrigeração possui um papel importante na Industrial Hoteleira. O armazenamento de produtos alimentares em equipamentos de refrigeração e congelação está presente nesta Indústria. Para assegurar a qualidade dos produtos armazenados, é exigido por lei o registo de temperatura dos produtos em intervalos de tempo pré-determinados.

Existem já no mercado, sistemas de monitorização e controlo de processos de refrigeração. No entanto, estes sistemas apresentam características não - modulares, sem possibilidade de expansão de funções e possuem um custo elevado. A maior parte destes sistemas pertencem às marcas de fabricantes de controladores de temperatura.

Nesta dissertação, é descrito o desenvolvimento de um sistema flexível, modular e versátil de monitorização e controlo de um sistema de refrigeração num estabelecimento comercial, em particular, um talho. O projecto consiste na ligação em rede de controladores locais de temperatura das arcas frigoríficas e comunicação com o sistema central de gestão de informação e de alarmes.

Numa primeira fase, estudou-se qual a configuração de controlo mais adequada ao sistema comercial (em termos económicos e de implementação): utilizar os controladores já existentes, verificando a possibilidade de ligação em rede, ou substituição por controladores de temperatura com ligação em rede já incorporada.

O controlo do sistema de refrigeração foi realizado através de um controlador de temperatura e de um controlador lógico programável (autómato). O sistema de monitorização é responsável pela recolha, armazenamento e geração de relatórios das temperaturas recolhidas no sistema de refrigeração**.** Sendo assim, foi desenvolvido uma aplicação em LabVIEW destinada à recolha de temperaturas guardadas do autómato e respectivo armazenamento numa Base de Dados em Microsoft Access 2007. De forma a restringir o acesso a temperaturas guardadas na base de dados, desenvolveu-se um módulo de gestão de utilizadores. Os relatórios de temperatura gerados em LabVIEW são disponibilizados em dois formatos: Portable Document Format (PDF) ou Excel.

Foram realizados testes do sistema em ambiente de laboratório, e os resultados permitem concluir que o projecto desenvolvido viabiliza o desenvolvimento de sistemas flexíveis de monitorização e controlo de sistemas de refrigeração.

Abstract

The refrigeration has an important role in the Hotel Industry. The storage of food in refrigeration and freezing equipments are present in this industry. To guarantee the quality of the stored products is legally required to register the temperature of the products in pre-determined intervals of time.

There are already on the market, monitoring systems and process control of refrigeration. However, these systems have features not - modular with no possibility of expansion of functions and have a high cost. Most of these systems belong to the manufacturers of temperature controllers.

This dissertation describes the development of a flexible, modular and versatile monitoring and control of a refrigeration system in a shop, specifically, a butcher. The project is a networking of local controller's temperature of the freezers and communication with the central management system information and alarms.

Initially, a research of which configuration of control appropriate to the system of trade (economically and implementation) was performed: keep the existing controllers, including the possibility of networking, or replace the temperature controllers with networking already incorporated.

The control of the cooling system was performed by a temperature controller and a programmable logic controller (PLC). The monitoring system is responsible for collecting, storage and reporting the temperatures collected in the cooling system. Thus, it was developed a LabVIEW application for gathering temperature kept in a PLC and its storage in a database in Microsoft Access 2007. In order to restrict access to the temperatures stored in the database, it was developed a user management module. The reports of temperatures are generated in LabVIEW and are available in two formats: Portable Document Format (PDF) or Excel.

Tests were performed in the laboratory and the results indicate that the developed software enables the development of systems for monitoring and control the refrigeration systems in a commercial store.

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Filomena Soares e Engenheiro Vítor Vieira, pela oportunidade que me deram em realizar este trabalho e por toda a ajuda e suporte prestados durante a execução do mesmo.

Ao meu colega de laboratório Nuno Carvalho, por toda a ajuda e disponibilidade demonstrada na execução deste trabalho e ao António Costa pela ajuda prestada na elaboração do relatório e pelos anos de amizade.

Aos funcionários das oficinas pela prestação de ajuda e de acesso às instalações do departamento de electrónica.

Aos meus colegas e amigos do curso pelo apoio, pela amizade e pelos momentos de alegria demonstrados durante a realização da dissertação e do curso. A todos um muito obrigado.

Ao Engenheiro Luis Basto da empresa Jordão Cooling Systems pelo apoio prestado no estudo do funcionamento das vitrinas frigoríficas.

Aos meus pais e irmãos, por todo o apoio e carinho nos momentos mais difíceis, não só no meu percurso académico, mas em todo a minha vida. Agradeço pela confiança transmitida, pela educação e pela oportunidade que me deram de ter um futuro melhor.

Índice

1. Introdução 21
   1.1 História da Refrigeração 22
   1.2 Aplicações da Refrigeração 22
      1.2.1 Refrigeração Doméstica 22
      1.2.2 Refrigeração Comercial 23
      1.2.3 Refrigeração Industrial 23
      1.2.4 Refrigeração Marítima e de Transporte 23
      1.2.5 Ar - Condicionado de Conforto 23
      1.2.6 Ar - Condicionado Industrial 23
   1.3 Motivação e enquadramento 24
   1.4 Sistemas de monitorização e controlo 24
      1.4.1 TCS.wireless 25
      1.4.2 ADAP-KOOL® 25
      1.4.3 Analise Comparativa dos diferentes sistemas 25
   1.5 Objectivos 27
   1.6 Estrutura da dissertação 28
   1.7 Referências 29
2. Refrigeração 31
   2.1 Circuitos frigoríficos 32
      2.1.1 Princípio de funcionamento da refrigeração 32
      2.1.2 Descrição dos componentes do sistema frigorífico 32
      2.1.3 Controlo da Temperatura 34
      2.1.4 Descongelação 35
   2.2 Descrição da vitrina 37
      2.2.1 Vitrina 37
      2.2.2 Descrição da vitrina utilizada no talho 38
      2.2.3 Termóstato digital PB00C0HB00 39
   2.3 Descrição das câmaras frigoríficas 40
      2.3.1 Câmara Frigorifica 40
      2.3.2 Descrição da Câmara frigorífica 41
      2.3.3 Controlador de Temperatura Eliwell ID974 42
   2.4 Referências 43
3. Sistema de Monitorização e Controlo 45
   3.1 Sistema com base no equipamento existente 46
      3.1.1 Sistema de monitorização com controladores da Carel 46
      3.1.2 Orçamento 47

3.2 Sistema de Monitorização com base em equipamento OMRON 48
3.3 Sistema de Controlo 50
3.4 Referências 51
4. Controlador de temperatura E5CN 53
4.1 Controlador de temperatura E5CN 54
4.2 Controlo ON/OFF 54
4.3 Parâmetros configurados 56
4.4 Comunicação 56
4.4.1 E5CN 56
4.4.2 RS-485 57
4.4.3 Configuração das Comunicações 58
4.5 Referências 61
5. Aplicação desenvolvida no autómato 63
5.1 Introdução 64
5.2 Leitura da Saída do Controlador de Temperatura da Temperatura 64
5.3 Descongelação 65
5.3.1 Descongelação com Resistências 65
5.3.2 Descongelação sem Resistências 66
5.4 Controlo da descongelação e da temperatura 66
5.5 Comunicação com o controlador de temperatura 67
5.5.1 SCU41 67
5.5.2 Protocol Macro 69
5.6 Rotina de armazenamento da temperatura 70
5.6.1 Armazenar a data 71
5.6.2 Armazenar a temperatura 71
5.7 Referências 72
6. Aplicação desenvolvida em LabVIEW 73
6.1 Introdução 74
6.2 Comunicação com o autómato 75
6.2.1 Protocolo FINS 75
6.2.2 Algoritmo de transferência de temperaturas 78
6.3 Interface desenvolvido 79
6.3.1 Login 80
6.3.2 Alteração de Palavra-Chave 81
6.3.3 Introdução de utilizadores 82
6.3.4 Visualização de utilizadores 83
6.3.5 Menu principal para o Administrador 83

6.3.6 Menu principal para Funcionários 84
6.3.7 Visualização das Temperaturas 85
6.3.8 Relatórios de temperatura 85
6.3.9 Configuração da Descongelação 87
6.4 Referências 88
7. Base de dados 89
7.1 Introdução 90
7.2 Escolha da Base de Dados 90
7.3 Construção da Base de Dados 91
7.3.1 Modelo Entidade – Relacionamento 91
7.3.2 Tabelas Desenvolvidas 91
7.4 Ligação do LabVIEW a Base de Dados 93
7.5 *Queries* Desenvolvidas 95
7.6 Referências 97
8. Conclusão e Sugestões para Trabalhos Futuros 99
9. Anexos 103

Lista de Figuras

Figura 1 Diagrama Temporal da Descongelação com Resistências Eléctricas 36
Figura 2 Diagrama Temporal da Descongelação sem Resistências Eléctricas..... 37
Figura 3 Vitrina Columbus 38
Figura 4 Termóstato digital PB00C0HB00 38
Figura 5 Conector IROPZ48500..... 40
Figura 6 Eliwell ID974 41
Figura 7 Planta do Talho..... 42
Figura 8 Sistema com base no equipamento existente 47
Figura 9 Diagrama de Comunicações do Sistema de Monitorização 49
Figura 10 Sistema de Controlo do Sistema de Refrigeração 50
Figura 11 Controlador de Temperatura E5CN 54
Figura 12 Operação Directa e Operação Inversa 55
Figura 13 Rede RS-485 de controladores..... 58
Figura 14 Comunicação entre o *Host* e o Controlador de Temperatura E5CN 59
Figura 15 *Commad Frame*..... 60
Figura 16 *Response Frame* 60
Figura 17 *Command Text* da leitura da temperatura..... 61
Figura 18 Autómato CJ1M 64
Figura 19 Grafcet do Controlo da temperatura..... 65
Figura 20 Grafcet de Descongelação com resistências..... 65
Figura 21 Grafcet da Descongelação sem resistências 66
Figura 22 Grafcet do controlo da descongelação temperatura 67
Figura 23 CJ1W-SCU41-V1..... 67
Figura 24 Descrição dos Pinos da Porta RS-485 68
Figura 25 Ligação de rede do módulo SCU41 com o controlador de Temperatura E5CN 69
Figura 26 Ladder da comunicação com o controlador de temperatura..... 70
Figura 27 FINS *Comand Frame* 75
Figura 28 FINS *Response Frame*..... 76
Figura 29 Comando de Leitura de espaço de memória 77
Figura 30 Resposta de comando de leitura 77
Figura 31 Comando de Escrita na memória..... 78

Figura 32 Algoritmo de recolha de temperaturas 79
Figura 33 Parte do Diagrama de Blocos da VI de Login 80
Figura 34 Janela de Login 81
Figura 35 Janela de Alteração de Palavra-Chave 81
Figura 36 Introduzir Novos Utilizadores 82
Figura 37 Janela de Visualização de Funcionários 83
Figura 38 Janela de Menu Principal para Administradores 84
Figura 39 Janela de Menu Principal para Funcionários 84
Figura 40 Visualização das Temperaturas 85
Figura 41 Janela de Relatório de Temperaturas por Ano 86
Figura 42 Janela de Relatório de Temperaturas por Intervalo de tempo 86
Figura 43 Janela de Relatório de Temperaturas por Mês 87
Figura 44 Configuração da Descongelação com Resistências 87
Figura 45 Configuração da Descongelação sem Resistências 88
Figura 46 Sistema de Base de Dados 90
Figura 47 Modelo Entidade – Relacionamento 91
Figura 48 Configuração do Fornecedor da Base de Dados 94
Figura 49 Configuração da Ligação 95
Figura 50 Abertura da conexão com a Base de Dados 95

Lista de Tabelas

Tabela 1 Comparação entre os diferentes sistemas 26
Tabela 2 Orçamento 47
Tabela 3 Configuração dos parâmetros de controlo 56
Tabela 4 Tabela Utilizadores 92
Tabela 5 Tabela Registo 92
Tabela 6 Tabela Dados 93

Lista de Siglas

Símbolo	Descrição
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
FINS	Factory Interface Network Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Point
HP	Horse Power
IR	Index Register
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
MRC	Main Request Code
ms	milissegundos
OLE DB	Object Linking and Embedding, Database
PDF	Portable Document Format
PT	Programmable Terminals
QLP	Quad leadless package
RS-232	Recommended Standard *232*
RS-485	Recommended Standard *485*
SMS	Short Message Service
SQL	Structured Query Language
SRC	Sub Request Code
TTL	Transistor-Transistor Logic
UDL	Universal Data Link
USB	Universal Serial Bus
VI	Virtual Instruments

1. Introdução

Sumário

Neste capítulo apresenta-se a história e as aplicações da refrigeração.

É apresentado a motivação e o enquadramento desta dissertação.

De seguida, são descritos dois sistemas de monitorização existentes, bem como as suas funcionalidades e diferenças entre o sistema desenvolvido.

São abordados os objectivos propostos para esta dissertação.

Por fim, apresenta-se a organização do relatório.

1.1 História da Refrigeração

1.2 Aplicações da Refrigeração

1.3 Motivação e enquadramento

1.4 Sistemas de monitorização e controlo

1.5 Objectivos

1.6 Estrutura da dissertação

1.7 Referências

1.1 História da Refrigeração

No início da refrigeração mecânica, o equipamento construído era volumoso, dispendioso e pouco eficiente sendo que a sua utilização obrigava a que os engenheiros de manutenção estivessem disponíveis frequentemente. Esta desvantagem limitou a sua implementação em grandes espaços de armazenamento, fábricas embaladoras de carne, e fabricantes de gelo [1]. Contudo, em poucas décadas a refrigeração evoluiu devido a vários factores:

- Desenvolvimento de métodos de fabrico precisos que possibilitou a produção de equipamentos pequenos e mais eficientes;
- Desenvolvimento de refrigerantes seguros;
- Utilização do motor eléctrico.

Esta evolução permitiu a produção de equipamentos de refrigeração pequenos, tais como, frigoríficos, congeladores e equipamentos de ar condicionado que são bastante utilizados actualmente. A dependência da refrigeração mecânica é visível na sociedade actual, pois sem esta não seria possível preservar comida em quantidades suficientes para alimentar uma população urbana em crescimento. Por exemplo, nos grandes edifícios, durante os meses de verão, tornar-se-ia insuportável trabalhar devido ao calor se não existissem equipamentos de ar condicionado.

1.2 Aplicações da Refrigeração

Devido à ampla utilização da refrigeração em diversos processos e áreas, esta pode ser dividida em seis categorias gerais: Doméstica, Comercial, Industrial, marítima e de transporte, Ar – condicionado de conforto e Ar condicionado industrial [1].

1.2.1 Refrigeração Doméstica

A Refrigeração Doméstica tem uma gama de aplicações bastante limitada, restringindo-se apenas a frigoríficos e congeladores domésticos. No entanto, o número de unidades em serviço destes produtos é bastante grande, representando uma parcela significativa da indústria de refrigeração. São produtos de pequena dimensão, selados hermeticamente e com uma gama de potências entre os 0.05 e 0.5 HP.

1.2.2 Refrigeração Comercial

A Refrigeração Comercial destina-se à concepção, instalação e manutenção de equipamentos de refrigeração utilizados em restaurantes, hotéis, armazéns de alimentos, exposição e venda de produtos perecíveis de todos os tipos.

1.2.3 Refrigeração Industrial

A Refrigeração Industrial é semelhante à refrigeração comercial, no entanto, a diferença entre os dois tipos reside no maior número de equipamentos de refrigeração utilizados, na capacidade, e na necessidade da contratação de um engenheiro credenciado. As aplicações típicas são grandes fábricas de embalagem de produtos alimentares (carne, peixe, aves, alimentos congelados, e similares), fábricas de cerveja e fábricas industriais, tais como: refinarias de petróleo, fábricas de químicos, borracha e plantas, entre outros.

1.2.4 Refrigeração Marítima e de Transporte

A Refrigeração Marítima refere-se à refrigeração a bordo dos navios, englobando mais especificamente a refrigeração de barcos de pescas, navios de transporte de carga perecível e refrigeração das provisões a bordo das embarcações.

Já a Refrigeração de Transporte é direccionada a equipamentos de refrigeração instalados em camiões e comboios de transporte de elementos perecíveis em longas distâncias.

1.2.5 Ar - Condicionado de Conforto

O Ar – condicionado de conforto tem como função o controlo das condições do ar em determinados espaços destinados ao conforto de pessoas. Isto implica o controlo do fluxo do ar, temperatura, humidade, tanto como a filtragem e limpeza do ar. Os equipamentos deste tipo estão instalados em lares, escolas, escritórios, hotéis, lojas, edifícios públicos, fábricas, automóveis, autocarros, comboios, aviões e navios.

1.2.6 Ar - Condicionado Industrial

As aplicações industriais de ar condicionado são quase ilimitadas, tanto em número como em variedade de equipamento de refrigeração. Geralmente, as funções dos sistemas de ar condicionado industrial são:

(1) Controlar a humidade de materiais higroscopicos (capacidade de absorver água). Por exemplo: açúcar, mel, etanol, metanol, entre outros;

(2) Determinar a taxa de reacções químicas e bioquímicas;

(3) Limitar as variações no tamanho dos artigos de precisão devido à expansão térmica e contracção;

(4) Fornecer ar limpo e filtrado que é muitas vezes essencial para a operação livre de problemas e para a produção de produtos de qualidade.

1.3 Motivação e enquadramento

Esta dissertação insere-se num projecto profissional desenvolvido em parceria com a empresa OMRON, com o objectivo de desenvolver um sistema de monitorização e controlo de um sistema de refrigeração para bens alimentares, com aplicação prática no Talho Boticas.

A refrigeração tem cada vez mais assumido um papel preponderante na Indústria Hoteleira. Desde o armazenamento de produtos alimentares perecíveis até à conservação de pré-congelados, os equipamentos de refrigeração e congelação estão cada vez mais presentes nas respectivas instalações. As empresas de Hotelaria, neste caso os talhos, são obrigadas por directivas comunitárias à instalação do sistema designado HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) de forma a garantir a qualidade e a conservação das carnes [2]. Um dos princípios deste sistema é o registo de temperatura em intervalos de tempo pré-determinados. Deste modo, tornou-se necessário desenvolver um sistema de monitorização completo que possibilitasse o registo de temperaturas mas também outras funcionalidades, tais como: visualização do histórico, gestão de utilizadores e alarmes de subida de temperatura ou falha de energia com aviso via Short Message Service (SMS). Este sistema engloba funcionalidades não presentes em outros sistemas existentes no mercado entre os quais o TCS.Wireless e ADAP-KOOL®, tornando um sistema atractivo, modular, extensível.

1.4 Sistemas de monitorização e controlo

Nesta secção é apresentada as funcionalidades dos sistemas TCS.wireless da Domopor e ADAP-KOOL® da Danfoss, sendo efectuada no final uma comparação entre os sistemas de monitorização e o sistema desenvolvido.

1.4.1 TCS.wireless

O sistema TCS.wireless da empresa Domopor permite de forma autónoma, o registo de dados das sondas sem fios colocadas nos móveis de frios. Este sistema tem as seguintes características [3]:

- Envio de informação via Internet para as empresas de manutenção;
- Geração de alarmes;
- Controlo em tempo real de todas as ocorrências;
- Monitorização do estado do sistema (temperatura) num computador central;
- Elaboração de relatórios, gráficos, estatísticas e outras análises;
- Impressão de vários relatórios, nomeadamente os registos diários;
- Consulta via Internet a informação disponibilizada em cada uma das lojas, garantindo assim a eficácia nos procedimentos relacionados com a conservação (congelação e refrigeração) para frigoríficos e congeladores.

1.4.2 ADAP-KOOL®

A Danfoss desenvolveu dois sistemas de monitorização e controlo designado ADAP-KOOL®. Este sistema é complementado com um programa de controlo de refrigeração chamado AKM, que permite a monitorização via PC, assegurando desta forma:

- Gestão centralizada da instalação;
- Funcionamento do frio optimizado (temperaturas e humidades relativas);
- Alarme antes de ser afectado o produto pela mudança de temperatura;
- Operações de emergência sobre fluidos refrigerantes;
- Comunicação de dados;
- Registo de dados.

Além disto, o sistema ADAP-KOOL® permite ser adaptado para a gestão e optimização de pequenas, médias e grandes capacidades frigoríficas [1].

1.4.3 Análise Comparativa dos diferentes sistemas

Todos os sistemas envolvidos possuem geração de alarmes, gestão centralizada e visualização das temperaturas em tempo real. No entanto, o sistema de monitorização desenvolvido possui envio de SMS de aviso de alarmes, geração de relatórios em dois formatos PDF e Excel, WebCam e alimentação a baterias que o diferencia do ADAP--

KOOL® e TCS.Wireless. Este sistema é modular, o que possibilita a sua introdução em qualquer sistema de refrigeração que possua suporte de rede. Contudo, não fornece a opção de visualização dos dados via Internet, existente no sistema TCS.Wireless. O TCS.Wireless não detecta falhas de energia e está dependente da energia eléctrica, porque assenta numa rede WiFi ligada à corrente eléctrica. O ADAP-KOOL® realiza operações de emergência sobre os fluidos refrigerantes, que não existe nos sistemas analisados. No entanto, é só aplicável a dispositivos pertencentes à rede Danfoss. Em suma, o sistema desenvolvido possui funcionalidades inexistentes em outros sistemas no mercado. Como é extensível, permite a adição de outras funcionalidades como por exemplo a consulta de informação via Internet. Na Tabela 1 é apresentada uma comparação entre os diferentes sistemas.

Tabela 1 Comparação entre os diferentes sistemas

	Sistema Proposto	TCS.wireless	ADAP-KOOL®
Geração de alarmes	Sim	Sim	Sim
Geração de Relatórios em PDF/Excel	Sim	Não	Não
Consulta de informação via Internet	Não	Sim	Não
Operações de emergência sobre fluidos refrigerantes	Não	Não	Sim
Gestão Centralizada	Sim	Sim	Sim
Estatísticas	Não	Sim	Não
Envio de SMS	Sim	Não	Não
Visualização das temperaturas em Tempo Real	Sim	Sim	Sim
Modular	Sim	Não	Não
Alarmes de Intrusão	Sim	Não	Não
Web-Cam	Sim	Não	Não
Alimentado a baterias	Sim	Não	Não

1.5 Objectivos

Esta dissertação apresenta como objectivo o desenvolvimento de um sistema versátil, flexível de monitorização e controlo de sistema de refrigeração de um talho, em particular o Talho Boticas, sediado em Braga. Uma das directivas comunitárias consiste na recolha de temperaturas em intervalos de tempo pré-determinados. Actualmente, a recolha de temperaturas das vitrinas e câmaras frigoríficas do Talho Boticas é efectuada por um funcionário duas vezes por dia (às 9 horas e às 18 horas). O sistema a desenvolver registará as temperaturas, em horas pré-determinadas, dos vários controladores de temperatura instalados nas respectivas câmaras frigoríficas e vitrinas, armazenando-as num autómato. De seguida, uma aplicação em LabVIEW recolherá as temperaturas do autómato, guardando-as numa base de dados, desenvolvida em Microsoft Access. A aplicação desenvolvida em LabVIEW permitirá gerar relatórios de temperaturas para serem posteriormente apresentadas às entidades competentes e restringir o acesso a utilizar utilizadores registados no software. Este sistema possuirá também um alarme de falha de energia ou de anomalia, enviando uma SMS via GSM ao utilizador. O sistema de monitorização poderá futuramente ser equipado com câmaras de visão para monitorizar remotamente o estabelecimento comercial para efeitos de intrusão, assim como também permitir o desenvolvimento de uma página de WEB para a consulta da informação via Internet. Os desenvolvimentos destas duas funcionalidades encontram-se fora do âmbito desta dissertação.

Esta dissertação é constituída por duas fases: estudo do sistema de refrigeração instalado no talho e desenvolvimento do sistema de monitorização e controlo.

Realizou-se um estudo dos componentes do sistema de refrigeração presentes no talho, procedendo-se à elaboração de uma solução que utiliza esses equipamentos. Com base na solução proposta, optou-se por não utilizar o equipamento presente no talho. Deste modo, foi necessário desenvolver um sistema de controlo para o sistema de refrigeração das arcas frigoríficas do talho, em conjunto com o sistema de monitorização descrito.

1.6 Estrutura da dissertação

Esta tese encontra-se dividida em seis capítulos:

No primeiro capítulo apresenta-se uma breve introdução sobre a história e aplicações da refrigeração e o enquadramento do tema.

No capítulo 2 descrevem-se os circuitos frigoríficos e o sistema de refrigeração presente no Talho Boticas.

No capítulo 3 é apresentado o estudo do sistema de refrigeração presente no talho e a respectiva solução para a ligação em rede. É também descrito o sistema de monitorização e controlo, descrevendo os componentes, o funcionamento e a interligação entre eles.

No capítulo 4 é descrito o funcionamento do controlador de temperatura e a configuração dos parâmetros de controlo e comunicação.

O capítulo 5 apresenta o desenvolvimento do módulo de software desenvolvido para o autómato, sendo apresentado o módulo de recolha de temperatura, comunicação com o controlador de temperatura, processo de descongelação e o controlo da temperatura de refrigeração.

No capítulo 6 é apresentado o software desenvolvido na plataforma gráfica LabVIEW, descrevendo todas as funcionalidades e o interface desenvolvido. É ainda abordado o protocolo de comunicação entre o software desenvolvido e o autómato.

O capítulo 7 é constituído pelo desenvolvimento da base de dados da aplicação, sendo apresentado o desenho da base de dados e a comunicação entre o software.

Por último, no Capítulo 8, são apresentadas conclusões e propostas de melhoramentos futuros.

1.7 Referências

[1] Dossat, R. J. Principles of Refrigeration (3rd ed.). Englwodd Cliffs: Prentice-Hall Career & Technology, 1991.

[2] Monteiro, V. Novas Técnicas de Refrigeração Comercial em Hotelaria - Volume I. Lidel, 2001.

[3] www.domopor.com/PT/PAGE_Solucoes_TCS.htm (acedido em Março de 2009).

2. Refrigeração

Sumário

Neste capítulo é descrito na secção de circuitos frigoríficos, o princípio de funcionamento da refrigeração, os componentes de um circuito frigorífico, o controlo de temperatura e a descongelação. Por fim, é explicado o funcionamento e composição da vitrina e das câmaras frigoríficas existentes no talho Boticas.

2.1 Circuitos frigoríficos
2.2 Descrição da vitrina
2.3 Descrição das câmaras frigoríficas
2.4 Referências

2.1 Circuitos frigoríficos

Nas seguintes secções é descrito o funcionamento da refrigeração, dos equipamentos de refrigeração utilizados, do controlo de temperatura e do processo de descongelação

2.1.1 Princípio de funcionamento da refrigeração

O princípio de refrigeração baseia-se na transferência de calor do meio a arrefecer para o meio – ambiente. O transporte do calor para o meio – ambiente é realizado pelo gás refrigerante. Este percorre diferentes estágios do sistema, no qual o calor é absorvido e transportado através da compressão, condensação, expansão e evaporação. O ciclo inicia com a injecção do refrigerante em alta pressão no evaporador através do expansor (tubo capilar). Deste modo, a pressão baixa, o líquido expande-se e evapora. Esta evaporação é provocada pela transmissão de calor. De seguida, o refrigerante é aspirado pelo compressor, onde é comprimido, aumentando a temperatura, sendo depois encaminhado para o condensador. No condensador, o calor extraído do recinto refrigerado é transferido para o meio ambiente condensando o gás refrigerante, sendo o processo repetido novamente [1].

O controlo da refrigeração é realizado através de um termóstato que regula a temperatura do recinto a refrigerar, controlando o arranque do compressor caso a temperatura atinja o limite mais alto e a paragem quando a temperatura atinja o limite mais baixo.

2.1.2 Descrição dos componentes do sistema frigorífico

Nesta secção são descritos os componentes de um sistema frigorífico.

2.1.2.1 Espaço Refrigerado

O Espaço refrigerado é o espaço de armazenamento devidamente isolado e cujo interior se deseja manter a uma temperatura inferior à temperatura do ambiente exterior. Os espaços refrigerados podem ser armários, câmaras frigoríficas, entre outros [1].

2.1.2.2 Evaporador

A função do evaporador é remover o calor do espaço refrigerante. A condição fundamental para que o processo de arrefecimento ocorra é a absorção do calor do refrigerante quando este evapora, através das paredes do evaporador. Se o refrigerante puder expandir-se a determinada temperatura ambiente e pressão correspondente, a evaporação realizar-se-á com a consequente absorção do calor ambiente à volta do

evaporador. Caso ocorre-se à pressão atmosférica originava uma temperatura diferente. Deste modo, a temperatura de evaporação depende da pressão do líquido refrigerante. Quanto menor for a pressão, menor será a temperatura de evaporação. A ligação do evaporador ao compressor e ao condensador é feita meio de tubagens [1].

2.1.2.3 Compressor

A função do compressor é aspirar o vapor do refrigerante gerado no evaporador, com o objectivo de manter a baixa pressão e temperatura no evaporador. Isto torna-se necessário porque quando o refrigerante entra no evaporador, será continuamente alimentado, enquanto as pressões no interior do evaporador não se igualarem. Caso as pressões se igualem, as temperaturas também são iguais, originando a paragem do processo de refrigeração. Quando o compressor se encontra parado, as condições de equilíbrio de pressão e temperatura prevalecem [1].

2.1.2.4 Condensador

O condensador é responsável pela transferência de calor do refrigerante para o meio -- ambiente, podendo este ser água ou ar. O ar é o meio mais utilizado pelo condensador actualmente. Neste componente o vapor sobreaquecido do refrigerante torna-se em líquido saturado [1].

2.1.2.5 Grupo condensador

É o conjunto formado pelo compressor e condensador, executando as funções correspondentes. Esta unidade é utilizada em quase todos os equipamentos comerciais tais como, câmaras frigoríficas, vitrinas, entre outros [2].

2.1.2.6 Válvula de Expansão

A válvula de expansão é um dispositivo mecânico de controlo que permite alimentar correctamente o evaporador com um fluido refrigerante na quantidade adequada às temperaturas desejadas. A válvula de expansão é o dispositivo que permite manter um diferencial de pressão entre o lado de alta e o lado de baixa pressão. No processo de expansão, o líquido condensado é recolhido num depósito. Neste recipiente, a pressão é muito mais elevada que a pressão no evaporador, porque está directamente sob a influência da pressão gerada no compressor. A válvula de expansão permite reduzir a pressão para que a evaporação ocorra a baixa pressão, mantendo a diferença de pressão enquanto a temperatura de serviço exigida no evaporador não for atingida. Para melhoria da expansão, antes da válvula de expansão o líquido deverá encontrar-se a uma

temperatura ligeiramente abaixo do ponto de ebulição, isto é, subarrefecido. A evaporação inicia-se por redução repentina da pressão a jusante do expansor que, normalmente, é uma válvula; no entanto, nos circuitos de baixa potência, poderá ser um tubo capilar [2].

2.1.2.7 Válvula Solenóide

É uma válvula hermética e estanques, servo - accionada, de accionamento directo do tipo "tudo ou nada" e, normalmente instaladas nas linhas de liquido, aspiração. As tensões de alimentação das bobines são normalmente 230V.

2.1.2.8 Termóstato Digital

O termóstato digital é um dispositivo electrónico que permite controlar a temperatura do interior do recinto a refrigerar, realizando também a descongelação automática do evaporador. O termóstato realiza a paragem e arranque do compressor com o objectivo de manter a temperatura desejada no interior do refrigerador. É configurado com as temperaturas de serviço, isto é, a temperatura mínima e máxima para um determinado recinto através do *Set Point* e do diferencial de temperatura. O *Set Point* corresponde à temperatura de paragem da unidade condensadora. A temperatura máxima é obtida através da soma da temperatura do *SetPoint* com o diferencial de temperatura. A esta temperatura a unidade condensadora arranca [2].

Com a evolução da electrónica e da informática, alguns fabricantes de componentes de regulação e controlo desenvolvem e melhoram continuamente sistemas de monitorização, controlo e registo de temperaturas. Estes sistemas permitem a gestão de instalações, com aviso prévio antes do produto ser afectado pela mudança de temperatura e ainda o registo de dados.

2.1.3 Controlo da Temperatura

O controlo de temperatura num circuito de refrigeração é realizado por um termóstato digital. O termóstato recebe as informações sobre a temperatura no frigorífico através de uma sonda de temperatura. Consoante a temperatura medida na sonda, o termóstato actua. No caso de a temperatura medida estar acima da desejada mais a diferença, o compressor e a refrigeração é activada. Quando a temperatura é menor que a temperatura desejada, a refrigeração é interrompida. O termóstato electrónico pode arrancar o compressor, as ventoinhas do compressor, a válvula de

expansão e as ventoinhas do evaporador. Quando a temperatura desejada é atingida, estes elementos são desactivados até a próxima situação de refrigeração [3].

2.1.4 Descongelação

A descongelação é um processo importante nos sistemas de refrigeração. Este processo permite a remoção de gelo que se forma nas pás das ventoinhas do evaporador. A acumulação de gelo nas pás pode dificultar o fluxo de ar através das mesmas, prejudicando a refrigeração. Existem diversos métodos de descongelação do evaporador: gás quente, eléctrico, água, ar, entre outros [1]. Nestes métodos existem parâmetros que são comuns:

- Período entre descongelações – é o tempo entre o fim de uma descongelação e o inicio da próxima descongelação. O tempo entre descongelações situa-se entre quatro a oito horas, dependendo dos bens armazenados ou da frequência de abertura das portas do espaço refrigerado;
- Duração máxima da descongelação – é o tempo necessário para a realização da descongelação.

O método utilizado neste trabalho é a descongelação eléctrica. Neste método, utiliza-se um conjunto de resistências acopladas no evaporador. Os problemas associados a este método são os seguintes:

a) Possibilidade de aquecimento do refrigerante na fase líquida no evaporador.
b) Finalizada a descongelação, as resistências permanecerem ligadas, com a possibilidade de se fundirem.

O caso a) resolve-se com a realização de um processo de vazio prévio (remoção do refrigerante do evaporador) e simultâneo à descongelação. No caso b) usa-se um termóstato que regule o final da descongelação, eliminando a possibilidade de fusão das resistências.

2.1.4.1 Descongelação com Resistências Eléctricas

O procedimento de descongelação com resistências eléctricas é descrito nas alíneas abaixo, recorrendo ao auxílio de um diagrama temporal (Figura 1).

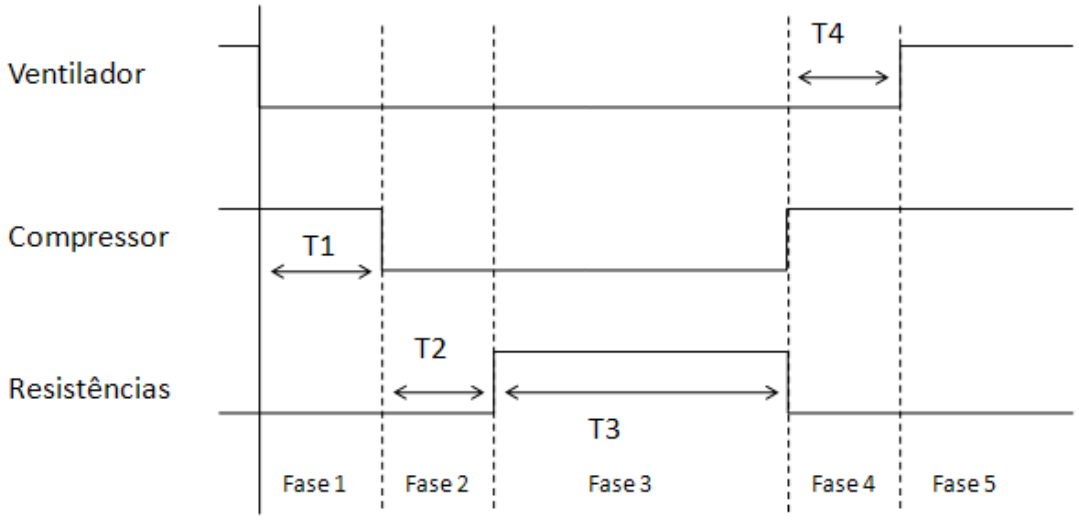


Figura 1 Diagrama Temporal da Descongelação com Resistências Eléctricas

Fase 1: Nesta fase desliga-se o ventilador para iniciar o processo de vazio. O compressor irá absorver todo o refrigerante presente no evaporador.

Fase 2: Nesta fase, desliga-se o compressor para a continuação do processo de vazio.

Fase 3: Nesta fase, activam-se as resistências de aquecimento para descongelar o gelo existente nas pás do evaporador. A duração desta fase pode ser definida através de um intervalo de tempo ou de uma temperatura na qual não exista gelo no evaporador.

Fase 4: Nesta fase desliga-se as resistências de aquecimento e liga-se o compressor. Deste modo activa-se o arrefecimento, ocorrendo o escoamento da água gerada pela descongelação do gelo. O evaporador não é activado para evitar que o ar quente seja espalhado para o espaço refrigerado.

Fase 5: Fase final da descongelação. Nesta fase activa-se o evaporador e o termóstato comuta para o modo de operação normal

2.1.4.2 Descongelação sem Resistências Eléctricas

O procedimento de descongelação sem resistências eléctricas é descrito nas alíneas abaixo, recorrendo ao auxílio de um diagrama temporal (Figura 2).

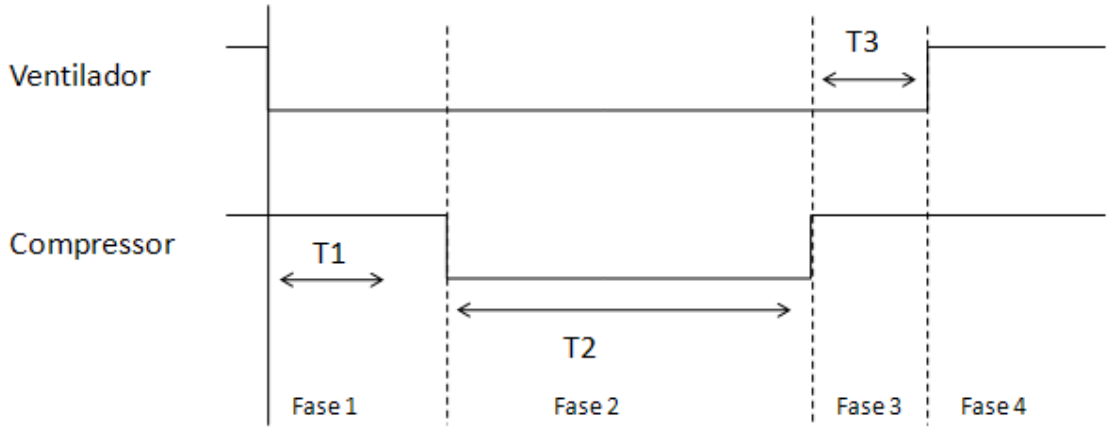


Figura 2 Diagrama Temporal da Descongelação sem Resistências Eléctricas

Fase 1: Esta fase é igual á fase 1 da descongelação com resistências.

Fase 2: Nesta fase desactiva-se o compressor, originando o aumento de temperatura no evaporador devido a inexistência de refrigeração até o gelo derreter no evaporador.

Fase 3: Esta fase é igual á fase 4 da descongelação com resistências.

Fase 4: Fase final da descongelação. Nesta fase activa-se o evaporador e o termóstato comuta para o modo de operação normal.

2.2 Descrição da vitrina

Nesta secção é descrito o funcionamento, a composição das vitrinas e das câmaras frigoríficas presentes no Talho.

2.2.1 Vitrina

As vitrinas são equipamentos frigoríficos compactos ou modulares cuja função é a produção de frio para a exposição de produtos alimentares refrigerados, tais como: peixe, carne, pastelaria, entre outros. As vitrinas são um dos equipamentos frigoríficos mais utilizados na área de Hotelaria.

As vitrinas estão normalmente equipadas com unidades de condensação a ar forçado, sendo que a expansão do fluido refrigerante realizadas com válvulas de expansão de termostáticas. Estas vitrinas são também construídas em módulos de montagem para vitrinas em linha. Neste caso, o grupo compressor é instalado à distância e os

evaporadores são alimentados por válvula de expansão. Esta configuração é muito utilizada nas cadeias de supermercados e hipermercados.

Todas as vitrinas de exposição devem possuir um termómetro de indicação digital para os clientes do estabelecimento. Esta norma é obrigatória para todos os equipamentos, cuja função seja a conservação e exposição de produtos alimentares perecíveis.

2.2.2 Descrição da vitrina utilizada no talho

As vitrinas instaladas no Talho Boticas são do modelo Columbus (Figura 3), fabricadas pela empresa portuguesa Jordão Cooling Systems. A vitrina Columbus é um expositor destinado às Charcutarias, Talhos e Supermercados [4]. Todas as vitrinas são ventiladas e estão preparadas para a montagem da unidade condensadora à distância, isto é, podem ser instaladas individualmente ou em linha. O intervalo de funcionamento da vitrina Columbus situa-se entre 0 e 3ºC, sendo o gás refrigerante utilizado o R404A. A vitrina está equipada com termóstato digital PB00C0HB00 (Figura 4), série PowerCompact da empresa Carel [5]. Este termóstato foi concebido para o controlo de unidades de refrigeração, sendo composto por microcontroladores integrados com um *display*.

Figura 3 Vitrina Columbus

Figura 4 Termóstato digital PB00C0HB00

Os conjuntos das vitrinas instaladas no talho utilizam a configuração de vitrinas em linha. Nesta configuração o compressor não é ligado directamente ao controlador, sendo comandado por um pressóstato (normalmente colocado no grupo compressor à distância). Neste caso, o controlador é conectado a uma válvula solenóide que controla a passagem do refrigerante, que é accionada mediante a temperatura ambiente da vitrina. O grupo compressor encontra-se fora do talho, ao ar livre.

No controlador, encontram-se conectados o evaporador, a resistência de descongelação, as luzes de iluminação e duas sondas de temperatura: uma para medição da temperatura ambiente da vitrina e outra para a medição da temperatura no evaporador durante o processo de descongelação. As vitrinas em linha possuem um grupo compressor hermético dedicado, instalado à distância. O esquema eléctrico de uma vitrina é descrito no Anexo 1.

2.2.3 Termóstato digital PB00C0HB00

O controlador presente na bancada Columbus no Talho Boticas é um modelo da série PowerCompact da empresa Carel. Este controlador foi desenhado para o controlo de unidades de refrigeração, sendo composto por microcontroladores electrónicos integrados com um *display*. O modelo utilizado possui cinco saídas a relé e duas sondas de temperatura destinadas ao controlo da refrigeração e a descongelação respectivamente, entre outras características [5].

Os modos de funcionamento disponíveis são:

a) Ciclo contínuo – neste modo o compressor opera independentemente do controlador mesmo que a temperatura seja inferior ao valor de referência.
b) Descongelação – é activada manualmente ou através dos parâmetros correspondentes ao degelo. O degelo pode terminar quando o tempo máximo de descongelação é atingido ou quando a temperatura de fim de descongelação é alcançada. É definido também nos parâmetros de descongelação o tempo entre descongelações. Este tempo é de quatro horas nas vitrinas do talho Boticas.
c) HACCP: É uma função que permite o controlo avançado e gravação das seguintes anomalias:
    - Falha de energia: duração da falha e valor da temperatura depois da activação do alarme;

- Aumento da temperatura: devido a más condições de funcionamento, erros de operação e bloqueios;
- Estas duas falhas possuem dois alarmes. O HACCP só está disponível em modelos com real time clock (RTC).

O controlador tem suporte para ligação em rede, possibilitando a ligação a um PC ou *gateway* Modbus. A conexão é efectuada através do acessório IROPZ48500, que permite ligar a uma rede RS485 como mostra a Figura 5. Na ligação ao computador é necessário um conversor serie RS485 / RS232 (PC485KIT00) ou um conversor USB/RS485 (CVSTDUMOR0). No computador é necessário a aplicação ComTool da Carel, que permite gerir os parâmetros de controlo através do *upload* ou *download* a partir do controlador.

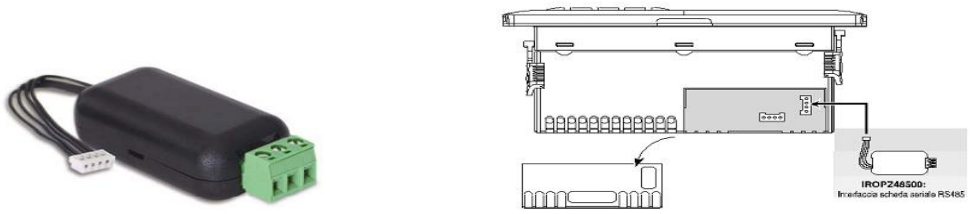


Figura 5 Conector IROPZ48500

2.3 Descrição das câmaras frigoríficas

Nesta secção é descrito o funcionamento e os componentes das câmaras frigoríficas presentes no talho.

2.3.1 Câmara Frigorifica

As câmaras frigoríficas são equipamentos hermeticamente selados em chapa de aço, com uma isolação em poliuretano. Os evaporadores utilizados são do tipo ar forçado ou estático, normalmente montados no tecto. Na parte superior, tem instalado um grupo condensador hermético ou semi-hermético, podendo ser instalado a distância. A porta da câmara possui uma vedação hermética dotada de fecho, possuindo um dispositivo de abertura no interior por razões de segurança. Quando são abertas as portas, um micro--*switch* instalado desliga os ventiladores dos evaporadores, de forma a evitar a sobrecarga da refrigeração.

2.3.2 Descrição da Câmara frigorífica

No talho existem três câmaras frigoríficas com funções diferentes. Uma das câmaras destina-se ao congelamento, com um evaporador equipado com resistências para descongelação. O talho também possui uma câmara de conservação e outra para desmanche. Cada Câmara possui um controlador digital da Eliwell, modelo ID974 (Figura 6) [6]. O esquema eléctrico de ligação é descrito no Anexo 2.

Figura 6 Eliwell ID974

Cada câmara possui os seguintes elementos e temperaturas de funcionamento:

- Câmara de conservação – evaporador cúbico, grupo compressor semi-hermético, 0ºC a 2ºC.
- Câmara de congelação – evaporador cúbico, grupo compressor semi-hermético, -18ºC a -20ºC.
- Câmara de desmanche – evaporador redondo, grupo compressor semi-hermético, 12ºC a 14ºC.

As câmaras frigoríficas e as vitrinas de exposição possuem um quadro eléctrico dedicado. Cada câmara possui um indicador luminoso de paragem/funcionamento dos respectivos grupos compressores, como também uma luz de aviso do relé térmico de protecção do compressor. As vitrinas possuem ainda um indicador de paragem/funcionamento do grupo compressor. O quadro possui um interruptor de corte geral. A planta das câmaras frigoríficas e vitrinas no talho é ilustrada na Figura 7.

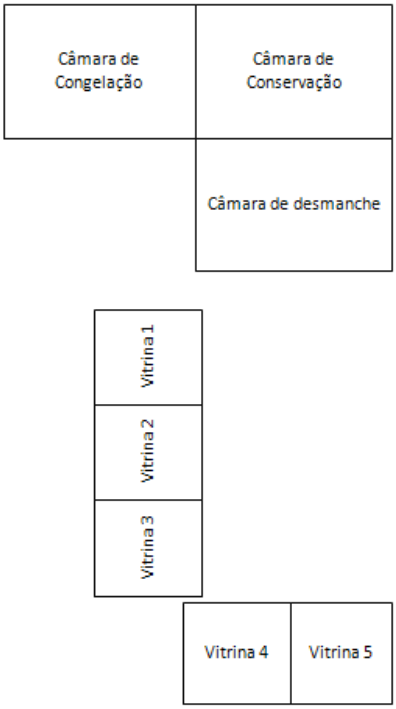


Figura 7 Planta do Talho

2.3.3 Controlador de Temperatura Eliwell ID974

O controlador de temperatura nas câmaras frigoríficas é da marca Eliwell, modelo ID 974. O interface do controlador tem um display e quatro botões que possibilitam programar e controlar o estado do controlador. O controlador possui dois menus para a configuração de parâmetros e visualização dos valores de temperatura das sondas. Os menus existentes são o Machine Status e o Programming [7].

O menu *Machine Satuts* permite a leitura das duas sondas de temperatura do controlador, configuração do valor de referência da temperatura e visualização dos alarmes.

O menu *Programming* permite ao utilizador configurar os parâmetros do controlador. O acesso a este menu pode ser configurado de modo a restringir o seu acesso. Neste menu é apresentado uma lista de pastas com parâmetros configuráveis:

- **CP:** relativo aos parâmetros de controlo do compressor;
- **dEF:** relativo ao descongelamento;
- **FAn**: parâmetros do evaporador;
- **AL:** configuração dos alarmes;

- **diS:** configuração do display;
- **CnF:** configuração do tipo de sonda (PTC/NTC), firmware e sonda do evaporador;
- **Fpr**: upload, download dos parâmetros do Copy Card.

A programação dos parâmetros pode ser realizada através do *Copy Card*, que é um acessório conectado à porta serie TTL, que contém os parâmetros de programação do controlador.

Este modelo não possui suporte para rede. O modelo desta marca que possui suporte á rede é o ID 974 LX MODBUS, através do protocolo Modbus.

2.4 Referências

[1] Creus, J. A. Tratado Prático de Refrigeração Automática, Dinalivro, 1980.

[2] Monteiro, V. Novas Técnicas de Refrigeração Comercial em Hotelaria - Volume I. Lidel, 2001.

[3] Primozic, J. & Sverko, R. Control in Refrigeration Systems.

[4] Brochura da Vitrina Columbus (http://www.jordao.com\).

[5] User Manual PowerCompact.

[6] www.eliwell.it (acedido em Março de 2009).

[7] www.eliwell.it/product.aspx?id=856 (acedido em Setembro de 2009).

3. Sistema de Monitorização e Controlo

Sumário

Neste capítulo são apresentadas as duas abordagens estudadas para o sistema de monitorização do talho. É apresentada a solução com base nos controladores de temperatura existentes no talho, especificando os equipamentos necessários e o respectivo orçamento. A solução alternativa de monitorização e controlo adoptada neste trabalho, baseada em controladores de temperatura da OMRON, é também especificada neste capítulo. Em cada um dos sistemas é apresentado a composição e o funcionamento.

3.1Sistema com base no equipamento existente

3.2 Sistema de Monitorização com base em equipamento OMRON

3.3 Sistema de Controlo

3.4 Referências

3.1 Sistema com base no equipamento existente

Nesta secção é apresentado um sistema de monitorização com base na utilização dos controladores de temperatura existentes no talho, bem como, são detalhados os constituintes da solução e o respectivo orçamento.

3.1.1 Sistema de monitorização com controladores da Carel

Numa primeira fase efectuou-se um estudo dos controladores de temperatura existentes no talho com o intuito de entender o funcionamento e verificar o suporte para ligação em rede. Depois de efectuado o estudo elaborou-se um relatório de levantamento dos controladores existentes no talho Boticas (ver Anexo 3). Concluiu-se, conforme documentado no relatório elaborado, que os controladores de temperatura instalados na vitrina possuem suporte de rede. Estes controladores são do modelo PB00C0HB00 PowerCompact da empresa Carel [1]. O suporte de rede baseia-se numa rede RS-485 com um protocolo privado da empresa Carel. Contactou-se o suporte técnico da Carel e os representantes da Carel em Portugal (a empresa FriRep) para esclarecimentos técnicos. Deste contacto, foi sugerido a ligação dos controladores a um autómato através de um *Gateway* Modbus. O *Gateway* converte o protocolo privado da Carel para o protocolo Modbus, permitindo a conexão com o autómato. Além disto, foi fornecido pelos responsáveis da Carel a lista de variáveis e os endereços correspondentes para Modbus. Do relatório conclui-se que os controladores de temperatura do modelo ID974 da empresa Eliwell [2] existentes nas câmaras frigorificas de congelação, conservação e desmanche não possuíam suporte de rede. Portanto, decidiu-se substituir estes controladores por controladores do mesmo modelo presentes nas vitrinas frigoríficas. Deste modo uniformiza-se a rede de controladores e aproveita-se a rede proposta, evitando deste modo a implementação de outra rede. O diagrama geral que representa a rede é apresentado na Figura 8.

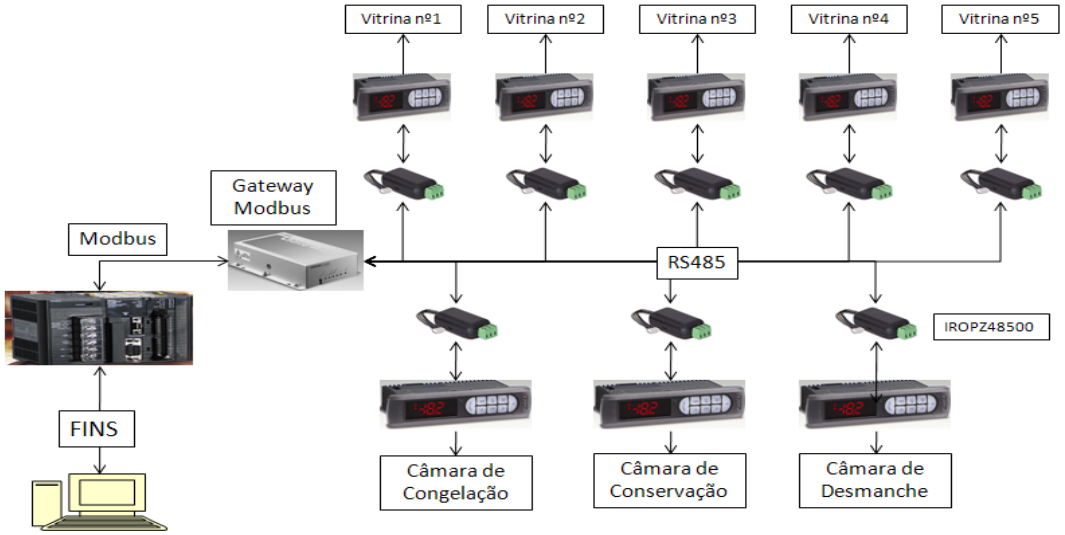


Figura 8 Sistema com base no equipamento existente

3.1.2 Orçamento

O número de controladores do modelo PB00C0HB00 PowerCompact da Carel a comprar é três, destinadas às três câmaras frigoríficas. Para a ligação dos controladores à rede RS-485, são necessários oito adaptadores RS485 (referência IROPZ48500). É necessário o *Gateway* Modbus pelas razões descritas anteriormente. Na substituição dos controladores de temperatura das câmaras frigoríficas, é necessário comprar sondas de temperaturas adequadas aos controladores. Por fim, é necessário comprar a chave de programação e o software de programação para a configuração dos parâmetros dos novos controladores. Na Tabela 2 é descrito detalhadamente o orçamento. O orçamento para esta solução tem o valor de 925,635 Euros com desconto e 1132,1 Euros sem desconto.

Tabela 2 Orçamento

Controladores de Temperatura (PB00C0HB00)				
Preço	Desconto	Quantidade	Preço com Desconto	Sub total
102€	15%	3	86,7€	260,1€
Adaptadores RS485 (IROPZ48500)				
Preço	Desconto	Quantidade	Preço com Desconto	Sub total
27,8€	15%	8	23,63€	189,04€
Gateway				
Preço	Desconto	Quantidade	Preço com Desconto	Sub total
486,5€	25%	1	364,875€	364,875€

Sondas de temperatura (Sondas NTC de 6 m)				
Preço	Desconto	Quantidade	Preço com Desconto	Sub total
9,3€	15%	4	7,905€	31,62€
Chaves para programar os controladores de temperatura e software (PSOPZPRG00)				
Preço				Sub total
80€				80€
Total c/desconto		925,635€		
Total		1132,1€		

3.2 Sistema de Monitorização com base em equipamento OMRON

A solução alternativa tinha como base, o desenvolvimento de um sistema de monitorização *standard*, baseado em controladores de temperatura OMRON. Assim, desenhou-se uma nova solução para o sistema de monitorização de temperaturas do talho.

O sistema de monitorização tem como objectivo a monitorização do sistema de refrigeração, mais especificamente, o registo de temperaturas. Este sistema é composto por quatro componentes, com as respectivas funções descritas:

1. Computador Pessoal – Transferência de temperaturas, Visualização das temperaturas em determinadas vitrinas;
2. Autómato – responsável pelo pedido de obtenção das temperaturas ao controlador da temperatura e armazenamento das mesmas;
3. Controlador de Temperatura – responsável pela medição das temperaturas das vitrinas frigoríficas através da sonda de temperatura PT100;
4. Base de Dados – armazena as temperaturas das diferentes temperaturas das várias vitrinas frigoríficas.

A interligação entre os diferentes componentes é realizada através de diferentes meios de transmissão e protocolos de comunicação, como mostra a Figura 9. A comunicação entre o autómato e o controlador de temperatura é realizado através do protocolo Compoway/F da OMRON, sob RS-485.

O autómato possui duas portas de comunicação destinadas á comunicação com o computador: a periférica e a RS232. A periférica destina-se à programação do autómato enquanto a porta RS232 é mais utilizada nas comunicações com o computador. Deste modo, utilizou-se a porta RS232. No protocolo de comunicação usou-se o FINS em detrimento do HostLink [3]. A preferência sobre o FINS deveu-se à maior capacidade de leitura/escrita dos espaços de memória em relação ao HostLink.

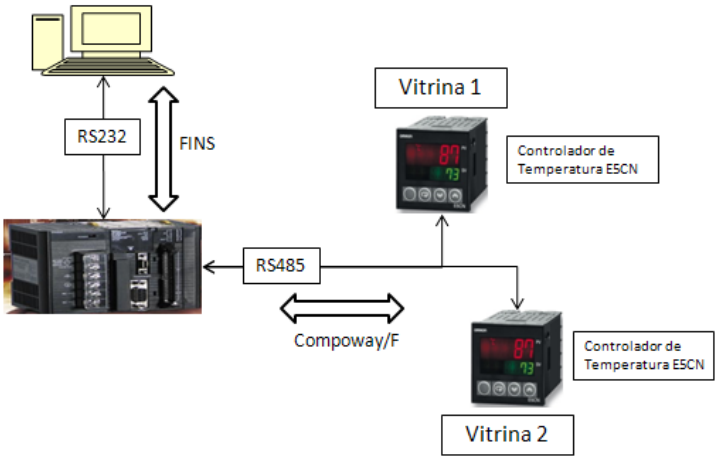


Figura 9 Diagrama de Comunicações do Sistema de Monitorização

O software foi desenvolvido em dois componentes atrás descritos: autómato e computador pessoal. No computador pessoal desenvolveu-se em LabVIEW:

- Comunicação através do protocolo FINS;
- Tratamento dos dados recebidos do autómato;
- Envio/Recepção de dados da Base de Dados;
- Gestão de utilizadores;
- Visualização do histórico das diferentes vitrinas frigoríficas.

Enquanto no autómato desenvolveu-se:

- Comunicação entre o autómato e o controlador de temperatura;
- Registo das temperaturas das vitrinas frigoríficas;
- Registo da data e hora do registo das temperaturas.

Para esta solução são necessários oito controladores de temperatura E5CN e as respectivas sondas de temperatura PT100. Com base nos preços do site da Farnell, a estimativa do preço do sistema é a seguinte:

- Controlador de temperatura E5CN-R2MT-500: 256 Euros*8 Unidades = 2048 euros;
- Sondas de temperaturas (PT100 da LABFACILITY, modelo DRG 010632B): 52 Euros*8 Unidades = 416 euros;
- Total = 2048 Euros + 416 Euros = 2464 Euros

O orçamento para este sistema tem o valor de 2464 Euros.

3.3 Sistema de Controlo

O sistema de controlo do sistema de refrigeração com equipamentos OMRON, tem a função de controlar a temperatura do sistema de refrigeração, isto é, o controlo da temperatura e a descongelação.

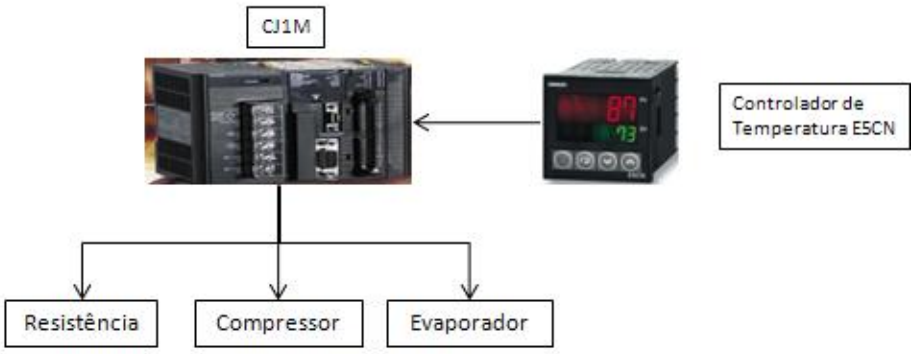


Figura 10 Sistema de Controlo do Sistema de Refrigeração

O autómato está conectado ao controlador de temperatura através de uma saída de controlo deste. O controlo da refrigeração é efectuado no controlador, no entanto, a activação/desactivação é efectuada pelo autómato, isto é, consoante a temperatura medida na vitrina o controlador activa a saída a relé. O autómato consoante a leitura do estado do relé do controlador de temperatura activa o evaporador e o compressor. Por sua vez, o autómato está ligado à resistência, ao compressor e ao evaporador que são os principais componentes do sistema de refrigeração.

No processo de descongelação, o autómato comanda o compressor, o evaporador e a resistência, consoante a fase do processo.

Desenvolveu-se assim uma aplicação em LabVIEW, que permite configurar os parâmetros da descongelação.

Nos capítulos seguintes é descrito em detalhe cada módulo de funcionamento do sistema de monitorização de controlo desenvolvido.

3.4 Referências

[1] User Manual PowerCompact.

[2] www.eliwell.it (acedido em Março de 2009).

[3] Sysmac CS/CJ Series Communications Commands Reference Manual, Omron.

4. Controlador de temperatura E5CN

Sumário

Neste capítulo é apresentado o controlador de temperatura utilizado, descrevendo em detalhe as suas características, em particular o controlo ON-OFF, os parâmetros de configuração e a comunicação.

4.1 Controlador de temperatura E5CN
4.2 Controlo ON/OFF
4.3 Parâmetros configurados
4.4 Comunicação
4.5 Referências

4.1 Controlador de temperatura E5CN

O controlador de temperatura utilizado no controlo de temperatura da refrigeração foi um E5CN da OMRON, apresentado na Figura 11, com a referência E5CN-R2MT-500 [1].

Figura 11 Controlador de Temperatura E5CN

Trata-se de um controlador de temperatura compacto, de fácil instalação e pertencente a uma linha de controladores de temperatura com propósito geral, tendo como especificações técnicas:

- Alimentação: 220V, 50/60Hz;
- Entrada para sensores do tipo termopares, termoresistências;
- 2 Saídas Auxiliares;
- Controlo ON-OFF (aquecimento ou aquecimento/arrefecimento);
- Porta QLP para conexão USB com o PC.

4.2 Controlo ON/OFF

Os controladores do tipo ON/OFF são bastante utilizados em aplicações industriais ou domésticas, por serem simples e económicos. Na área da refrigeração, a maior parte dos equipamentos possuem controladores do tipo ON/OFF, porque grande parte dos componentes trabalham em duas posições: ligado ou desligado.

O modelo do controlador de temperatura E5CN utilizado possui saída de controlo para o controlo ON/ OFF. No controlo ON/OFF, o actuador só tem duas posições: ligado ou desligado.

Neste controlo, a saída de controlo desliga quando a temperatura controlada atinge o ponto de ajuste definido. Quando a saída é desligada, consoante o processo a controlar, a temperatura desce até a temperatura mínima, sendo a saída de controlo novamente activada. Esta operação é realizada repetidas vezes num intervalo de temperaturas, designada de margem de histerese. No controlador E5CN, existe a noção de histerese para o aquecimento e para o arrefecimento. A direcção de funcionamento da saída de controlo pode ser definida com Directa ou Inversa (*Direct/Reverse Operation parameter*). O controlador disponibiliza dois subtipos de controlo ON/OFF: Standard – aquecimento ou arrefecimento; Aquecimento e arrefecimento baseiam-se no controlo ON/OFF a três posições.

Utilizou-se o controlo Standard, porque o outro modo não satisfazia as condições para o controlo da refrigeração. Neste modo, escolheu-se o modo aquecimento porque no modo Standard não é possível utilizar a saída de arrefecimento, porque está destinada a saída de controlo 2, não disponível no controlador. Deste modo, utilizou-se a direcção de funcionamento directa (Figura 12). A variável manipulada é activada quando a temperatura da sonda atingir o *Set Point* mais a histerese, e desliga quando atingir o *Set Point*. Deste modo, a saída de controlo do controlador de temperatura é activada quando a temperatura ambiente for 3ºC, activando o evaporador e a válvula solenóide para refrigerar a vitrina. A saída é desactivada quando a temperatura da sonda de temperatura for 0ºC.

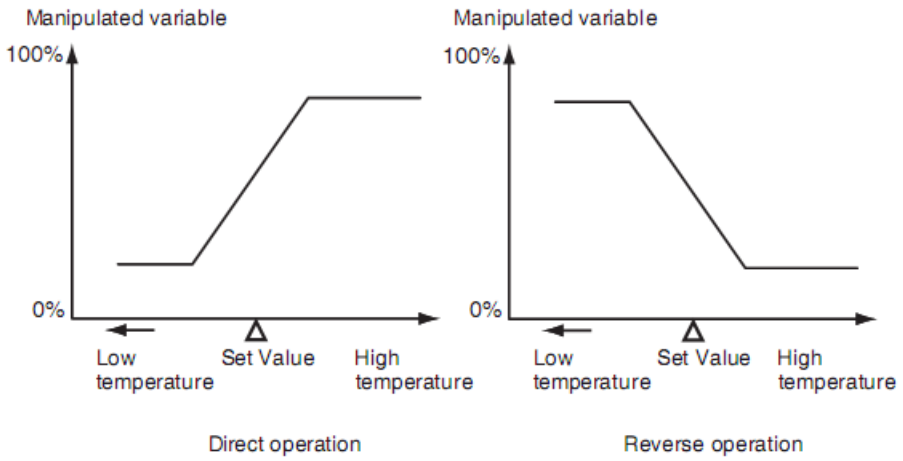


Figura 12 Operação Directa e Operação Inversa

A saída de controlo 1 foi utilizada para realizar o controlo da válvula solenóide e do evaporador. A saída está conectada a uma entrada do autómato, transmitindo directamente para a saída do autómato, durante a operação normal de funcionamento.

O sensor de temperatura utilizado para medir a temperatura na área de refrigeração foi uma termoresistência do tipo PT100. O esquema eléctrico do controlador de temperatura está representado no Anexo 4.

4.3 Parâmetros configurados

Para a configuração do controlo de temperatura E5CN utilizou-se o software CX-Thermo, pertencente ao pacote CX-ONE da OMRON. Através deste programa, configurou-se os parâmetros do controlo, sendo depois transferidos do Computador para o controlador através do *USB – Serial Conversion Cable Model* E58-CIFQ1. Os parâmetros configurados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Configuração dos parâmetros de controlo

Parâmetro		**Opção seleccionada**
General Settings	Standard or Heating/Cooling	Standard
	PID ON/OFF	ON/OFF
Input	Temperature Unit:	1:Platinum resistance thermometer[Pt100] (-199.9 to 500.0°C or -199.9 to 900.0°F)
	Input Type	ºC
Set Point	Set Point	0.0ºC
Output	Control Output 1 Assignment	Control output (heating)
Control	Direct/ Reverse Operation	Direct operation
	Hysteresis	3.0ºC

4.4 Comunicação

Nesta secção são descritas as funcionalidades de rede do controlador de temperatura E5CN e as características do meio de transmissão RS- 485. Por fim, é apresentado a configuração dos parâmetros de comunicação do controlador.

4.4.1 E5CN

O controlador de temperatura E5CN possui suporte de comunicação em rede, permitindo através de um computador pessoal, autómato, ou outro dispositivo

monitorizar os parâmetros do controlador de temperatura. Os protocolos de comunicação disponíveis são o CompoWay/F e o Modbus ® [2]. O protocolo de comunicação CompoWay/F é um formato de comunicação standard da OMRON para comunicações série. O Modbus é um protocolo de comunicação criado pela Modicon, que disponibilizou as especificações e normas que o definem em domínio público, sendo por isso utilizado na maior parte dos equipamentos da automação industrial [3]. Deste modo, o controlador de temperatura permite a conexão com o autómato de outros fabricantes. O método de transmissão suportado pelo controlador de temperatura é o RS-485, sendo necessário introduzir o módulo de comunicação E53-CN03N2, com suporte RS-485.

O E5CN suporta as seguintes funções de comunicação:

- Leitura e escrita de parâmetros;
- Instruções de operação;
- Selecção dos níveis de configuração.

4.4.2 RS-485

O RS-485 é um método capaz de proporcionar uma comunicação robusta numa configuração multiponto, ao qual se pode conectar até 32 dispositivos de rede, separados por várias centenas de metros de distância. Este método de transmissão é amplamente utilizado na indústria em sistemas de controlo, porque o custo de instalação e manutenção de redes é baixa. Através da rede RS-485 podem ser utilizados vários protocolos de comunicação. Uma rede entre um *Host* e vários controladores de temperatura E5CN está representado na Figura 13 [2].

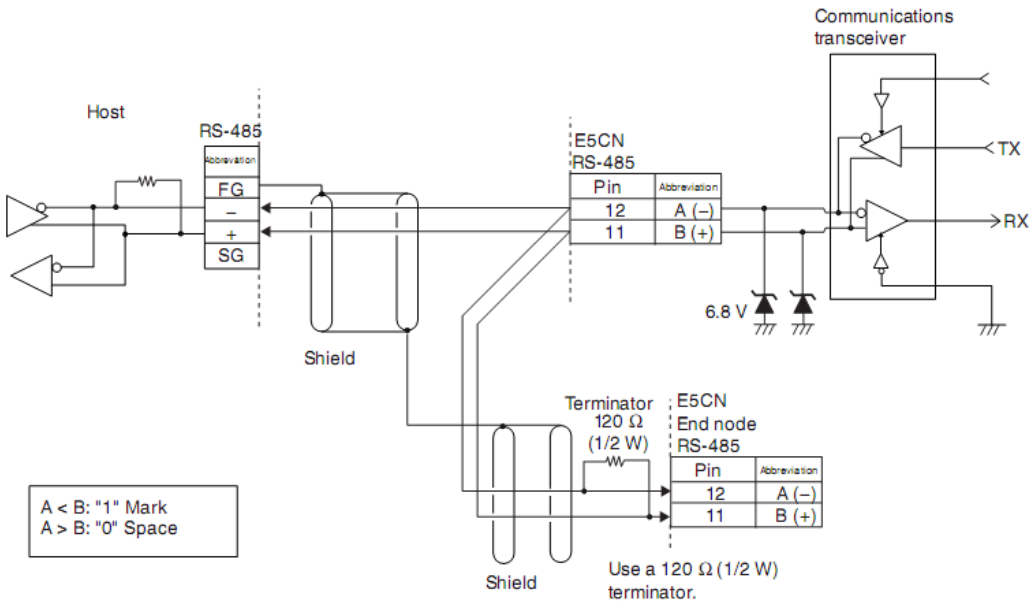


Figura 13 Rede RS-485 de controladores

4.4.3 Configuração das Comunicações

Para possibilitar a comunicação entre o autómato e o controlador de temperatura utilizou-se o software CX-Thermo para configurar os parâmetros de comunicação para o protocolo de comunicação CompoWay/F. Definiu-se os parâmetros da seguinte forma:

- *Protocol Setting (psel)* – Define o protocolo de comunicação a ser usado. Definiu-se CompoWay/F;
- *Communications Unit No. (u-no)* – Este parâmetro define um número para cada controlador de temperatura numa rede. Este número é utilizado para que o *Host* possa identificar o controlador de temperatura. O número da unidade pode ser definido entre 0 a 99, estando definida por defeito com valor 1. No caso de existir mais controladores de temperatura na rede atribui-se os números seguintes. Definiu-se com o valor 1.
- *Communications Baud Rate (bps)* - Este parâmetro define a taxa de transmissão para comunicações com o *Host*. Seleccionou-se 9600 bps (9,6 no parâmetro do controlador)
- *Communications Data Length (len)* - Este parâmetro define o número de bits de dados utilizado nas das comunicações. Para CompoWay/F definiu-se 7 bits de dados.

- *Communications Stop Bits (sbit)* - Este parâmetro define o número de stop bits da comunicação. Seleccionou-se o 2 stop bits;
- *Communications Parity (prty)* – Este parâmetro define a paridade da comunicação. Definiu-se como paridade par (*EVEN* no controlador);
- *Send Data Wait Time (sdwt)* - O tempo de espera para o envio de dados pode ser ajustado em incrementos de 1 ms entre 0 e 99 ms. Utilizou-se o que estava definido de fábrica, 20 ms.

O CompoWay/F é um protocolo de comunicação pertencente à OMRON, para comunicações série. A comunicação entre o *Host* e controlador é sempre iniciada pelo *Host* que envia um *Commad Frame* ao controlador, e este responde enviando uma *Response Frame* (Figura 14). Todos os campos da trama são representados na notação ASCII.

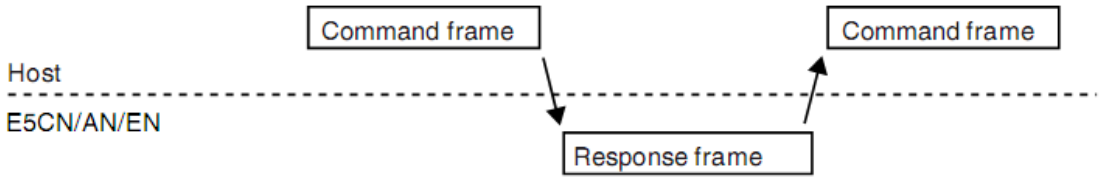


Figura 14 Comunicação entre o *Host* e o Controlador de Temperatura E5CN

O *Commad Frame* (Figura 15) é configurado no *Host*, com os seguintes parâmetros:

- *STX* – Define o início da trama;
- *Node number* – Específica o destino de transmissão, isto é, o número do controlador definido nos parâmetros das configurações. Este número é um valor em BCD entre 00 e 99;
- *Sub-address* - não é usado no controlador de temperatura E5CN. Define-se com 00;
- *SID (Service ID)* - não é usado no controlador de temperatura E5CN. Define-se com 00;
- *Command text* – Define-se as operações a realizar no controlador de temperatura E5CN;

- *ETX* - Define o fim da trama;
- *BCC* – é o *Block Check Character*. É utilizado no *Host* para verificar a existência de erros na comunicação. É calculado através dos campos entre o *STX* e *ETX*.

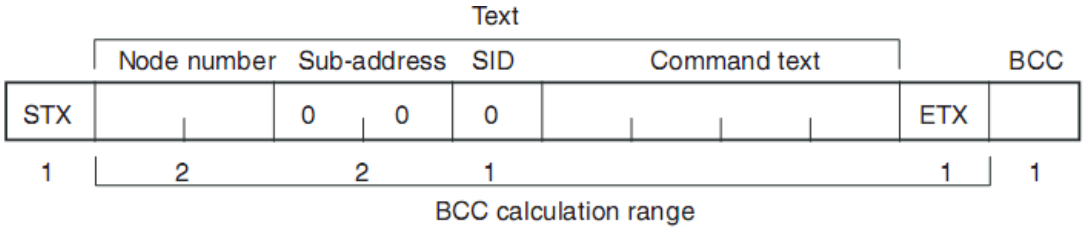


Figura 15 *Commad Frame*

O *Response Frame* (Figura 16) é semelhante ao *Command Frame*, no entanto, possui o campo *End code*. O *End code* é retornado por cada *Commad Frame* recebido. Se não existir nenhum erro na *Command Frame*, o valor retornado é 00. Caso contrário, envia o código referente ao erro da trama.

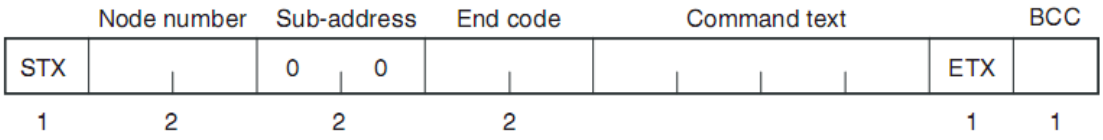


Figura 16 *Response Frame*

No *Command Text* (Figura 17) define-se a operação a realizar. Este serviço é configurado pelos campos MRC (*Main Request Code*) and SRC (*Sub-Request Code*), colocando os valores 01 e 01, respectivamente. De seguida, configura-se o tipo de variável a ler. Neste caso, o objectivo é obter o valor da temperatura medido pela sonda, sendo o valor igual 80 Hex, descrito no manual de comunicação [2] para o retorno de valor de variáveis em uma Word. O valor retornado na *Response Frame* tem um tamanho de uma Word (16 bits). Depois é necessário configurar o endereço da variável a ler. O endereço da temperatura medida é 0000. A seguir introduz-se o número de elementos a ler, sendo o valor configurado 0001.

No *Host* é necessário o complemento de 2 ao valor recebido, para se poder obter, se necessário, valores negativos de temperatura.

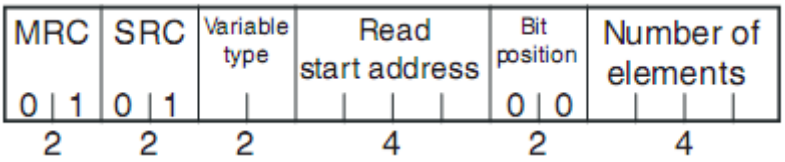


Figura 17 *Command Text* da leitura da temperatura

4.5 Referências

[1] E5CN, E5AN, E5EN Digital Temperature Controllers: Users Manual, Omron.

[2] E5CN, E5AN, E5EN Digital Temperature Controllers: Communications Manual, Omron.

[3] http://www.modbus-ida.org/ (acedido em Agosto de 2009).

5. Aplicação desenvolvida no autómato

Sumário

Neste capítulo é apresentado a aplicação desenvolvida no autómato, para realização da descongelação da vitrina frigorífica e activação do compressor e do evaporador no processo de refrigeração. Além disto, é abordado o componente da aplicação correspondente à comunicação do autómato com o controlador de temperatura, com o intuito de obter a temperatura no interior da vitrina frigorífica.

5.1 Introdução
5.2 Leitura da Saída do Controlador de Temperatura da Temperatura
5.3 Descongelação
5.4 Controlo da descongelação e da temperatura
5.5 Comunicação com o controlador de temperatura
5.6 Rotina de armazenamento da temperatura
5.7 Referências

5.1 Introdução

O autómato utilizado para implementar o controlo e a monitorização do sistema de refrigeração foi o CJ1M da OMRON (Figura 18) [1]. É um autómato com suporte para a ligação com outros módulos. Introduziu-se uma unidade de comunicação série o SCU41 (*Serial Communications Unit*) para comunicação em RS-485. A programação usada no autómato foi o Ladder, sendo concebida no software CX-Programmer da OMRON e depois introduzida no autómato.

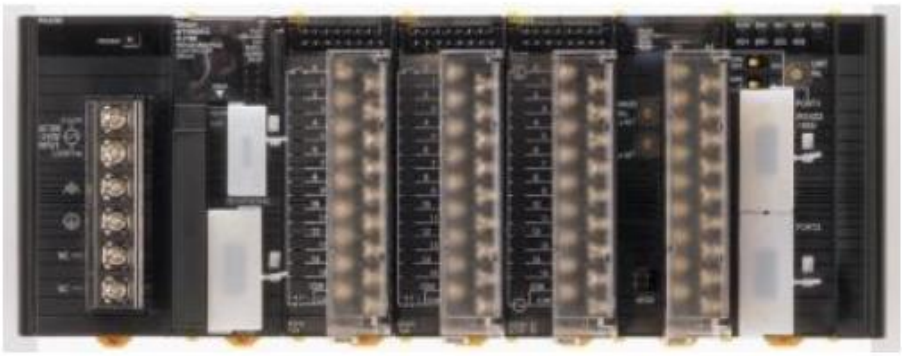


Figura 18 Autómato CJ1M

5.2 Leitura da Saída do Controlador de Temperatura da Temperatura

Na Figura 19 é apresentado o Grafcet da leitura da saída do controlador de temperatura da vitrina frigorífica, responsável pelo controlo da temperatura. Consoante o estado na entrada do autómato que está conectada à saída do controlador de temperatura, a saída do autómato é activada ou desactivada. Caso a entrada do autómato esteja activada, significa que é activada a refrigeração para diminuir a temperatura, activando deste modo o ventilador do evaporador e o compressor. Caso contrário desactiva as saídas. Este processo ocorre quando a descongelação não é executada.

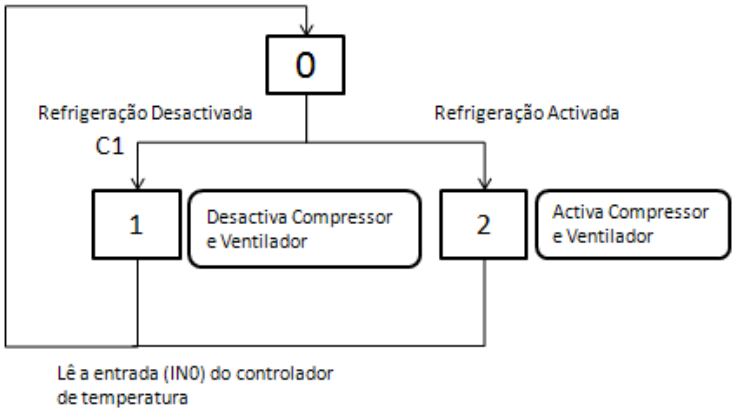


Figura 19 Grafcet do Controlo da temperatura

5.3 Descongelação

O processo de descongelação pode ser realizado com ou sem resistências como foi descrito no capítulo 2. Nas seguintes secções é descrito o Grafcet referente a cada um dos processos.

5.3.1 Descongelação com Resistências

Este Grafcet foi construído com base no processo de descongelação com resistências descrito no capítulo da refrigeração.

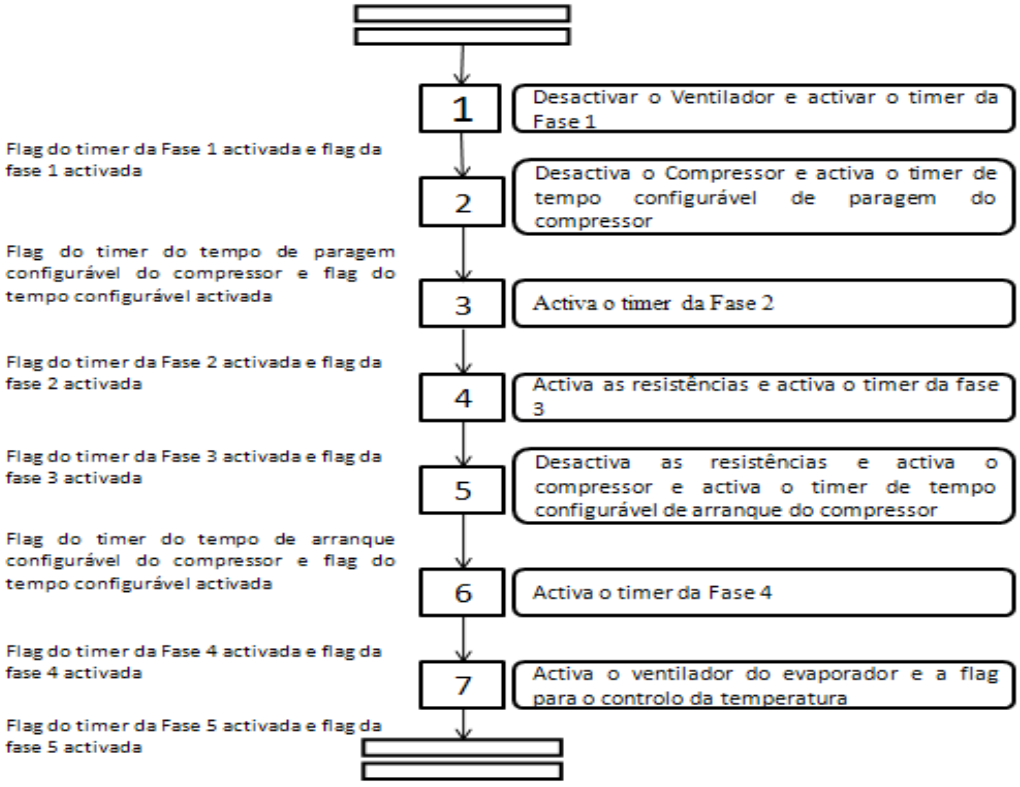

1
Desactivar o Ventilador e activar o timer da Fase 1
Flag do timer da Fase 1 activada e flag da fase 1 activada
2
Desactiva o Compressor e activa o timer de tempo configurável de paragem do compressor
Flag do timer do tempo de paragem configurável do compressor e flag do tempo configurável activada
3
Activa o timer da Fase 2
Flag do timer da Fase 2 activada e flag da fase 2 activada
4
Activa as resistências e activa o timer da fase 3
Flag do timer da Fase 3 activada e flag da fase 3 activada
5
Desactiva as resistências e activa o compressor e activa o timer de tempo configurável de arranque do compressor
Flag do timer do tempo de arranque configurável do compressor e flag do tempo configurável activada
6
Activa o timer da Fase 4
Flag do timer da Fase 4 activada e flag da fase 4 activada
7
Activa o ventilador do evaporador e a flag para o controlo da temperatura
Flag do timer da Fase 5 activada e flag da fase 5 activada

Figura 20 Grafcet de Descongelação com resistências

5.3.2 Descongelação sem Resistências

Este Grafcet foi construído com base no processo de descongelação sem resistências descrito no capítulo 2.

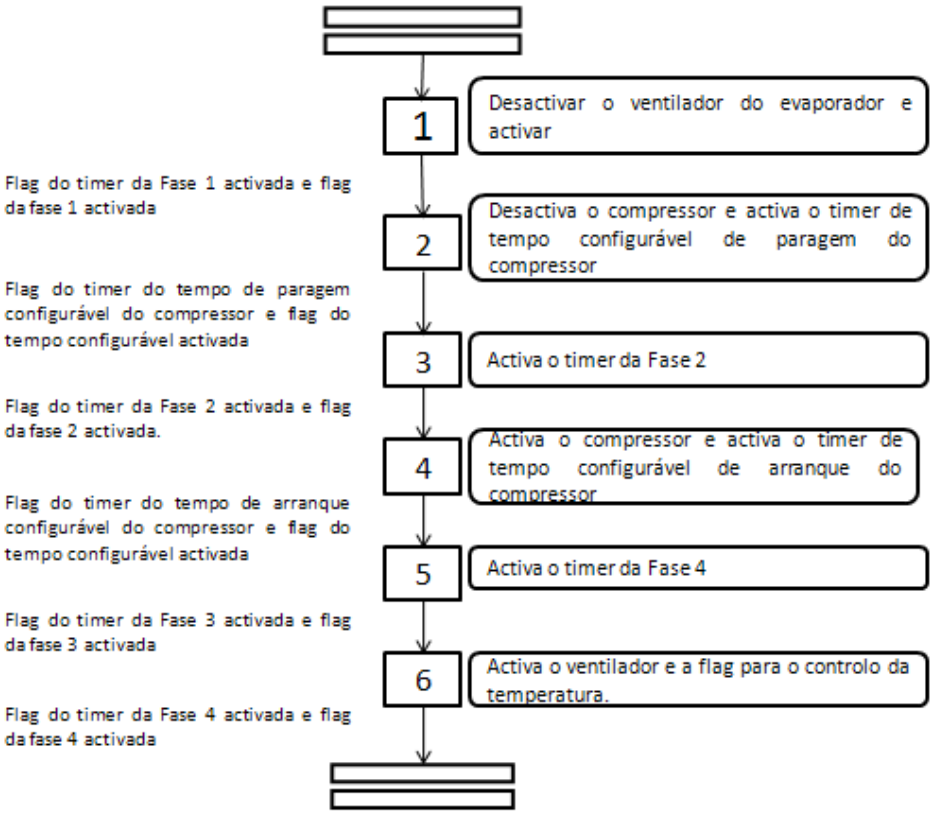

1
Desactivar o ventilador do evaporador e activar
Flag do timer da Fase 1 activada e flag da fase 1 activada
2
Desactiva o compressor e activa o timer de tempo configurável de paragem do compressor
Flag do timer do tempo de paragem configurável do compressor e flag do tempo configurável activada
3
Activa o timer da Fase 2
Flag do timer da Fase 2 activada e flag da fase 2 activada.
4
Activa o compressor e activa o timer de tempo configurável de arranque do compressor
Flag do timer do tempo de arranque configurável do compressor e flag do tempo configurável activada
5
Activa o timer da Fase 4
Flag do timer da Fase 3 activada e flag da fase 3 activada
6
Activa o ventilador e a flag para o controlo da temperatura.
Flag do timer da Fase 4 activada e flag da fase 4 activada

Figura 21 Grafcet da Descongelação sem resistências

5.4 Controlo da descongelação e da temperatura

Na Figura 22 é descrito o Grafcet que permite o controlo da temperatura e do processo de descongelação. Consoante o tempo de intervalo entre as descongelações, este activa o processo de descongelação. A seguir ao processo de descongelação é executado o controlo da temperatura até a próxima descongelação. Existe uma etapa que não esta representada no Grafcet da Figura 22, que representa a activação da descongelação numa data pré-definida. Como é executada uma vez, não é representada no diagrama de Grafcet da figura abaixo.

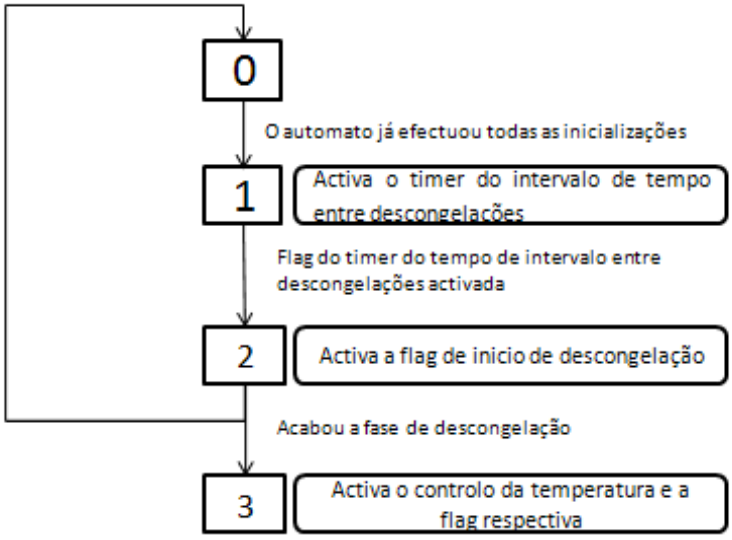

0
O automato já efectuou todas as inicializações
1
Activa o timer do intervalo de tempo entre descongelações
Flag do timer do tempo de intervalo entre descongelações activada
2
Activa a flag de inicio de descongelação
Acabou a fase de descongelação
3
Activa o controlo da temperatura e a flag respectiva

Figura 22 Grafcet do controlo da descongelação temperatura

5.5 Comunicação com o controlador de temperatura

Nesta secção é abordado a configuração do módulo de comunicação do autómato e do *Protocol Macro*, que permite comunicar com o controlador de temperatura E5CN.

5.5.1 SCU41

Utilizou-se um módulo de comunicação entre o autómato e o controlador de temperatura. O módulo utilizado foi o CJ1W-SCU41 (Serial Communications Unit) [2]. Este possui duas portas série que podem ser conectadas a *Host Computers*, *Programmable Terminals* (PTs) e outros dispositivos com suporte de rede. Este módulo possui na porta 1 uma porta do tipo RS-422/485 e na porta 2 uma porta do tipo RS-232 (Figura 23) [2].

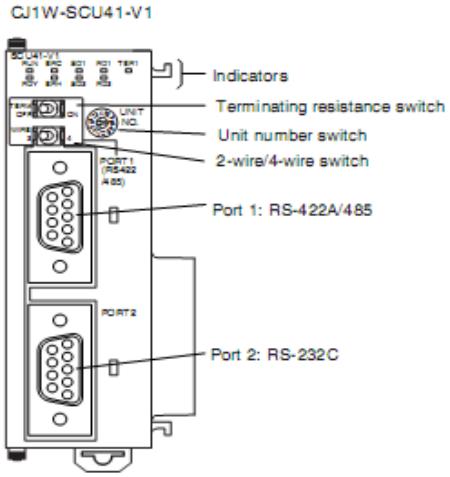
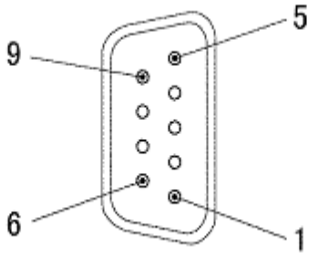


Figura 23 CJ1W-SCU41-V1

Na conexão do módulo CJ1W-SCU41 com o autómato foi necessário configurar o módulo, com as seguintes especificações:

- *Unit Number* switch – Configurou-se com o valor de 0, porque é o módulo seguinte ao CPU do autómato;
- Terminating resistance switch - É necessário activar porque o módulo está em rede;
- 2-Wire/4-wire swich - Definiu-se como 2-Wire, porque a RS-485 utiliza dois fios no meio de transmissão.



Pin No.	Abreviatura	Nome do sinal	Entrada/saída
1	SDA	Send Data -	Saída
2	SDB	Send Data +	Saída
6	RDA	Receive Data -	Entrada
8	RDB	Receive Data -	Entrada

Figura 24 Descrição dos Pinos da Porta RS-485

Na comunicação RS-485 utiliza-se os pinos 1 e 2 ou os pinos 6 e 8 (Figura 24). Na conexão utilizou-se os pinos 1 e 2 do SCU41 conectado aos pinos 11 e 12 do controlador de temperatura E5CN [3], como demonstra a Figura 25. Foi configurado as comunicações do módulo SCU41 para a comunicação com o controlador de temperatura E5CN, com os seguintes parâmetros:

- *Serial communications mode*: *Protocol Macro*;
- *Data Length* : 7 bits;
- *Stop bits* : 2 *bits*;
- *Parity : Even*;
- *Baud Rate*: 9600 bps.

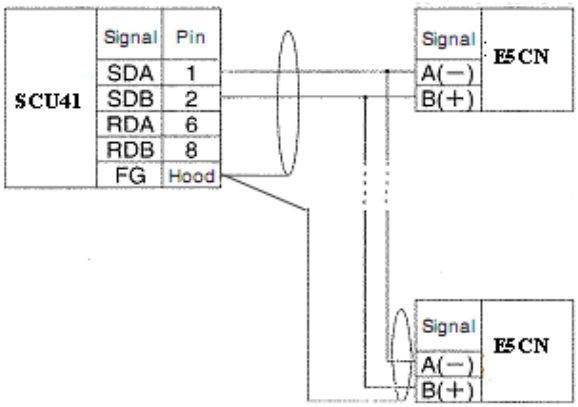


Figura 25 Ligação de rede do módulo SCU41 com o controlador de Temperatura E5CN

5.5.2 Protocol Macro

Na construção do Ladder para a comunicação com o controlador de temperatura E5CN utilizou-se um *Protocol Macro*, isto é, um procedimento que define a trama, enviando um pedido e recebendo a resposta [4]. O *Protocol Macro* utilizado foi o *Variable Area Read* referente ao protocolo de comunicação CompoWay/F, cuja função é ler o conteúdo de número especificado de elementos a partir de um endereço.

Para configurar o envio de dados no *Variable Area Read* é necessário indicar um endereço de área de memória, e colocar os valores a partir desse endereço. O endereço D20 é definido com o símbolo send_word na Figura 26. Os valores correspondem aos seguintes na trama CompoWay/F:

- Números de dados a enviar – Valor 5 Hex na D20;
- Número do Nó - Valor 0001 Hex na D21. O valor do nó varia consoante o controlador de temperatura na rede;
- Tipo de Variável - Valor 0080 Hex (leitura de uma Word) na D22.
- Primeiro Endereço de leitura - Valor 0000 Hex na D23 correspondente ao endereço da variável de temperatura da sonda no controlador de temperatura.
- Número de elementos a ler - Valor 0001 Hex na D24.

Na recepção da trama do controlador de temperatura, o *Protocol Macro* guarda a partir de um endereço de memória D40 definido com o símbolo receive_word na Figura 26. Os seguintes campos da trama de resposta do CompoWay/F:

- Número de dados recebidos – Guarda o número de dados recebidos. O endereço de memória utilizado é D40;
- Código de Resposta – Guarda o *End code* da trama de resposta CompoWay/F. O endereço de memória utilizado é D41;
- Dado Recebido – Recebe o valor da temperatura da sonda do controlador de temperatura. O endereço de memória utilizado é D42.

Para utilizar *Protocol Macro* configurou-se na instrução PMCR (260) a Controlo Word 2 com o valor #0262 Hex que corresponde ao número do *Protocol Macro* do *Variable Area Read* (Figura 26). Indicou-se os primeiros endereços de memória, o envio de dados e a resposta correspondente descritos anteriormente. O valor #0110 corresponde a porta de comunicações (Porta 0), mais porta série utilizada (Porta 1) e o número da unidade de comunicação utilizada (*Unit Number* com valor 0).

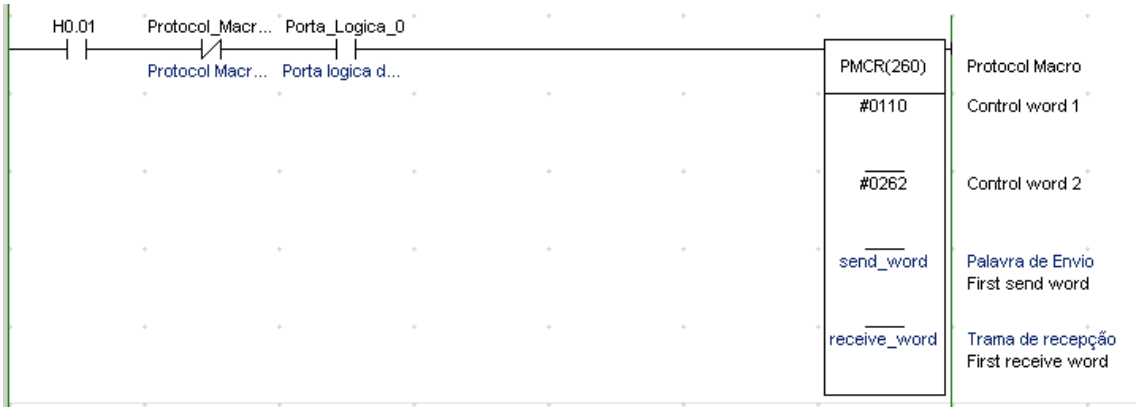


Figura 26 Ladder da comunicação com o controlador de temperatura

O bit Protocol_Macro_Ocupado (CIO 151915) é uma flag que é activada quando o *Protocol Macro* está a ser utilizado. O bit Porta_Logica_0 (A202.00) simboliza a utilização da porta de comunicações.

5.6 Rotina de armazenamento da temperatura

O processo de armazenamento de temperaturas é dividido em duas fases. Estas fases são : armazenamento da data e hora de registo e o armazenamento da temperatura. Nas seguintes secções é descrito os procedimentos realizados em cada uma das fases.

5.6.1 Armazenar a data

As datas e horas de registo das temperaturas medidas na vitrina e câmaras são armazenadas em uma tabela. Antes de utilizar as tabelas é necessário configura-las com a instrução DIM (631) (*Dimension Record Table*) Configurou-se o número da tabela como 0 e o número de *Word*s de memória por cada registo como 1. De seguida, definiu-se o número de registos e a primeira *Word* da tabela.

Para guardar um registo na tabela é necessário utilizar a instrução SETR (635) (*Set Record Location*), indicando o número da tabela a utilizar, o contador de elementos da tabela e o *Index Register* (IR). No *Index Register* é colocado o endereço de memória correspondente à soma do primeiro elemento da tabela mais o contador de elementos da tabela. De seguida usa-se a instrução MOV (021) para colocar o elemento a guardar na tabela, no valor apontado pelo IR.

O procedimento de introdução data e hora na tabela é:

1. Leitura da data e hora presente no autómato com o respectivo armazenamento em hora e minutos, mês e dia, ano em espaços de memória diferentes;
2. Guardar as horas e minutos na tabela;
3. Incrementar o contador de elementos da tabela;
4. Guardar mês e dia na tabela;
5. Incrementar o contador de elementos da tabela;
6. Guardar ano na tabela;
7. Incrementar o contador de elementos da tabela.

O Ladder para este procedimento encontra-se no Anexo 5.

5.6.2 Armazenar a temperatura

O procedimento do armazenamento da temperatura na tabela é semelhante ao armazenamento da data e hora na tabela. O Ladder deste procedimento é descrito no Anexo 5. Os passos para este procedimento são os seguintes:

1. Leitura da temperatura medida no controlador de temperatura;
2. Guardar a temperatura na tabela;
3. Incrementar o contador de elementos da tabela.

5.7 Referências

[1] CJ1M-CPU Programmable Controllers Operation Manual.

[2] SYSMAC CS/CJ Series, Serial Communications Boards and Serial Communications Units: Operation Manual.

[3] E5CN, E5AN, E5EN Digital Temperature Controllers: Communications Manual, Omron.

[4] SYSMAC CS Series, CJ Séries, SYSMAC One NSJ Séries Programmable Controllers: Instructions Reference Manual.

6. Aplicação desenvolvida em LabVIEW

Sumário

Neste capítulo é apresentado uma breve introdução sobre o ambiente de desenvolvimento LabVIEW. É descrito a comunicação do computador com o autómato, para realização da transferência das temperaturas medidas na vitrina frigorífica. Por fim, são abordados os diferentes interfaces desenvolvidos destinados à gestão de utilizadores e relatórios de temperaturas.

6.1 Introdução
6.2 Comunicação com o autómato
6.3 Interface desenvolvido
6.4 Referências

6.1 Introdução

O LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) é uma linguagem de programação gráfica baseada em fluxo de dados [1]. É muito utilizada em aplicações de aquisição de dados, instrumentação e controlo, recolha de dados e geração de relatórios [2]. Os programas em LabVIEW são designados *Virtual Instruments* (VI), porque o seu aspecto imita instrumentos físicos. Cada programa é composto pelo interface gráfico e o diagrama de blocos. O interface gráfico é designado por *Front Panel* e define o ambiente de interacção com o utilizador. O Diagrama de blocos é designado por *Block diagram* e destina-se à lógica do programa.

O software desenvolvido em LabVIEW possui várias funções que servem de suporte à gestão de utilizadores, obtenção das temperaturas de registo, geração de relatório em PDF ou Excel e visualização do histórico de temperaturas.

Na transferência de temperaturas do autómato para o computador utilizou-se uma VI disponível no LabVIEW como suporte de comunicação. Foi criada uma VI que implementa o protocolo FINS, permitindo deste modo a comunicação. Depois de recolhidas as temperaturas tornou-se necessário armazena-las na Base de Dados em Microsoft Access 2007, sendo por isso criada outra VI.

O software também possui a funcionalidade para a criação de Relatórios de temperaturas. Os relatórios podem ser gerados nos Formatos de PDF e Excel. No formato PDF utilizou-se uma versão de demonstração Carya's PDF Toolkit for LabVIEW que fornece a maior parte das funcionalidades da versão profissional. Para o Excel utilizou-se o LabVIEW Report Generation Toolkit for Microsoft Office 1.1.3. Os relatórios podem ser configurados consoante os seguintes parâmetros: câmara/ vitrina, ano, mês ou intervalo de tempo.

A gestão de utilizadores é realizada no LabVIEW em conjunto com a base de dados em Access. Foram desenvolvidas VI em conjunto com LabVIEW Database Connectivity Toolkit que interagem com a Base de Dados, permitindo a introdução de utilizadores, restrição do acesso só a utilizadores registados e obtenção do histórico de temperaturas.

Por fim, desenvolveu-se um software para configuração dos parâmetros de descongelação. Este programa tem como suporte a VI desenvolvida para FINS. No

Anexo 6 encontra-se a lista de VI desenvolvidas para o software de Monitorização e configuração dos parâmetros de descongelação.

6.2 Comunicação com o autómato

A comunicação com o autómato é realizada através do protocolo FINS (*Factory Interface Network Service*). Neste protocolo são realizadas as operações de leitura e de escrita das diferentes áreas de memória do autómato, para a obtenção das temperaturas registadas da vitrina e configuração dos parâmetros da descongelação. Nas seguintes secções é abordado o protocolo FINS e o algoritmo de recolha das temperaturas.

6.2.1 Protocolo FINS

O protocolo FINS é um sistema de comandos para mensagens através de diferentes redes OMRON. Podem ser usadas para várias operações de controlo, tais como: enviar e receber dados, mudar modos de operação, entre outros [3]. Os comandos FINS podem comunicar livremente com dispositivos em diferentes redes.

A trama enviado pelo LabVIEW tem o formato demonstrado pela Figura 27. Esta trama possui vários campos cuja função é a seguinte:

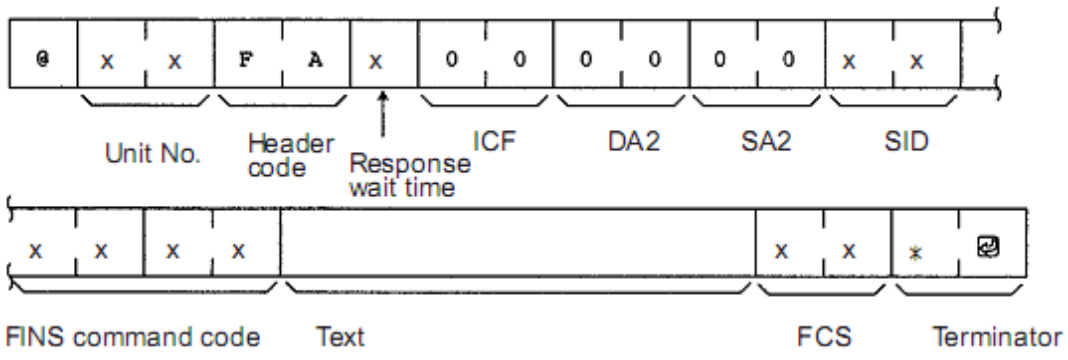


Figura 27 FINS *Comand Frame*

- *Unit No.* – É o número da unidade do CPU Unit de destino conectado ao computador;
- *Header Code* – é o código que distingue os diferentes comandos. Define-se "FA" (ASCII: 46, 41) para comandos FINS;
- *Response wait time* – é o tempo de espera do *CPU Unit* desde que recebe o comando até retornar a resposta. Foi definido como F, que corresponde a 150 ms.

- *ICF* – Especifica se há ou não *network relays*. É definido como "00" (ASCII: 30,30) quando se envia comandos para um *CPU Unit* directamente para o computador;
- *DA2* (*Destination Unit Address*) – Endereço da unidade de Destino. No *Host Link mode*, assume-se que a unidade de destino é o *CPU Unit*, sendo configurado como zero (ASCII: 30, 30);
- *SA2* (*Source Unit Address*) – Endereço da unidade de Partida. Configura o endereço da unidade que está fisicamente conectada ao computador. Quando está conectada ao *CPU Unit*, altera-se para "00". Configurou-se como "00";
- *SID* (*Source ID*) – Este valor deve ser zero;
- *FINS Command Code* – Constituído pelo *Command Code* e o texto de acordo com o comando FINS;
- *FCS* (*Frame Check Sequence*) – é o terminador requerido para o fim do comando. Configurar o terminador como *CR (ASCII: 2A, 0D).

O Formato principal da trama de envio utilizada pelo LabVIEW em todas as tramas enviadas foi @00FAF00000000, complementadas com diferentes tipos de comandos. A trama recebida pelo LabVIEW do comando enviado, tem o formato demonstrado pela Figura 28. Os campos mais importantes são o FINS *Response Code* e o *FCS*. O FINS *Response Code* deverá ser "0000", que indica a não existência de erros de formato, ou de configuração de campos, sendo verificado pelo LabVIEW. Em relação ao *FCS*, é realizado o cálculo até ao campo Data. Caso o *FCS* calculado no LabVIEW seja igual ao *FCS* da trama recebida, significa que não existiu erros na transmissão da trama do autómato para o computador, podendo ser utilizados os dados da trama para processamento.

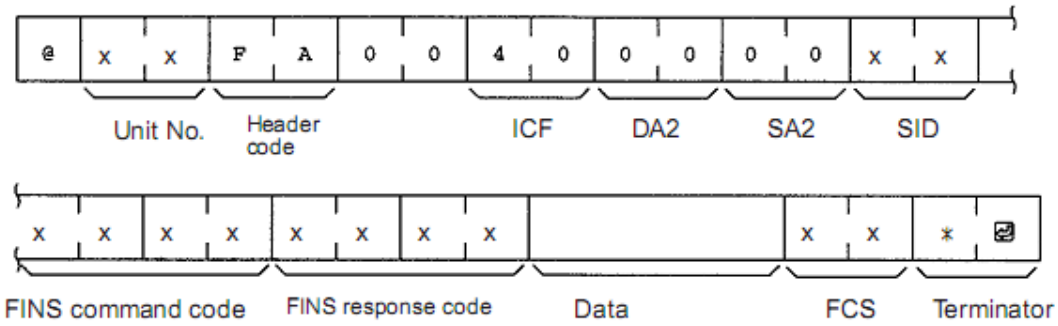


Figura 28 FINS *Response Frame*

Os comandos FINS utilizados foram os de leitura e de escrita no espaço de memória. A configuração da leitura da trama da área de memória é demonstrada na Figura 29. Para configurar a trama são necessários os seguintes passos:

1. Configurar o *Command Code* com valor "0101" que corresponde à leitura de áreas de memória do autómato;
2. Indicar *Memory area code*, com valor "82" que corresponde à área de Dados (D - - data);
3. Colocar o valor do primeiro endereço de memória complementado com "00" no fim. O "00" corresponde à leitura ao bit da área de memória. Neste caso não é necessária a leitura ao bit, sendo assim, configura-se como "00".
4. Por fim, coloca-se o número de elementos a ler da memória a partir do endereço colocado anteriormente.

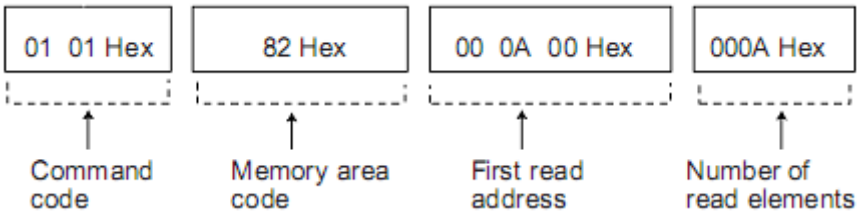


Figura 29 Comando de Leitura de espaço de memória

Depois de enviado o comando acima descrito, é retornada a reposta correspondente. Os campos principais que constituem esta trama são o *Command Code*, o *Response Code* e o *Text* (Figura 30). Considerando que o *Response Code* é "0000", lê-se os dados correspondentes à área de memória. Este dados devem ser lidos em blocos de 1 Word (16 bits).

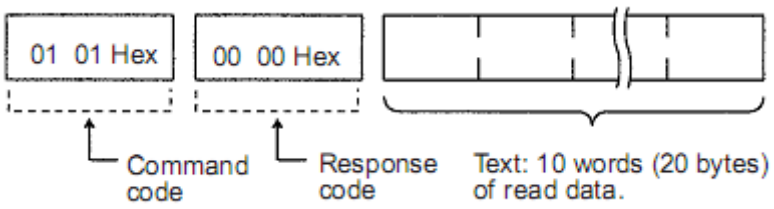


Figura 30 Resposta de comando de leitura

A configuração de escrita da trama da área de memória é definida como na Figura 31. Para configurar a trama são necessários os seguintes passos:

1. Configurar o *Command Code* com valor "0102" que corresponde à escrita de áreas de memória do autómato;
2. Indicar *Memory area code*, com valor "82" que corresponde à área de Dados (D - data);
3. Indicar o primeiro endereço de memória;
4. Indicar o número de elementos a escrever;
5. Colocar os dados a serem escritos na memória. Estes dados devem ser agrupados em blocos de 1 Word.

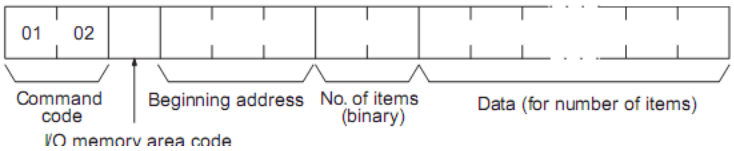


Figura 31 Comando de Escrita na memória

A resposta retornada pelo comando de escrita é composta pelo *Command Code* e o *End code*. O *End code* deverá ser "00".

Para possibilitar a comunicação entre o computador e o autómato criou-se uma VI com os parâmetros de comunicação definidos, sendo necessário apenas introduzir a trama. Os parâmetros de comunicação utilizados são: 7 bits de dados, 9600 bps, paridade par e dois stops bits.

6.2.2 Algoritmo de transferência de temperaturas

O algoritmo da transferência de temperaturas está implementado numa VI. Esta VI é invocada sempre que o utilizador valida o seu Login. É realizado a transferência de temperaturas segundo o algoritmo descrito na Figura 32.

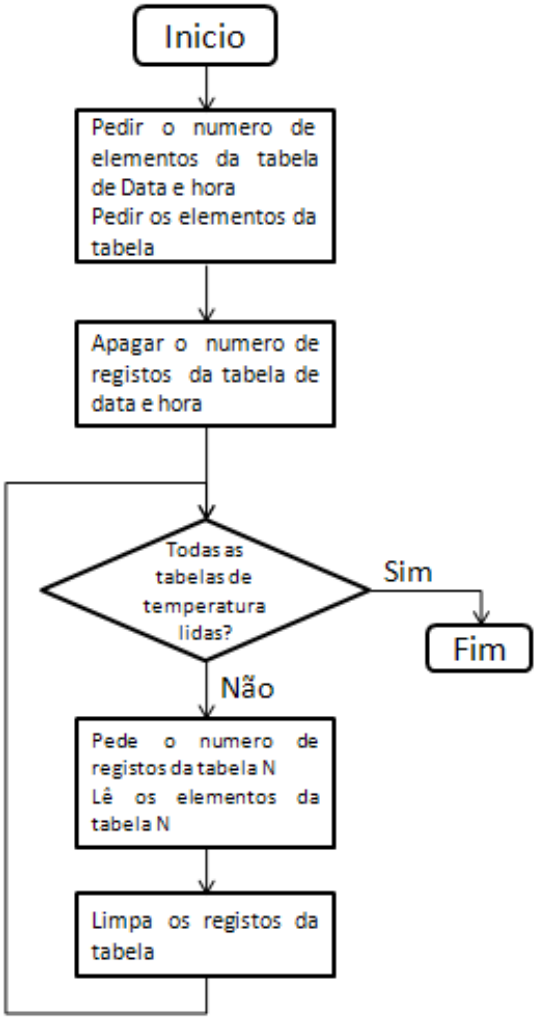

Inicio
Pedir o numero de elementos da tabela de Data e hora
Pedir os elementos da tabela
Apagar o numero de registos da tabela de data e hora
Todas as tabelas de temperatura lidas?
Sim
Fim
Não
Pede o numero de registos da tabela N
Lê os elementos da tabela N
Limpa os registos da tabela

Figura 32 Algoritmo de recolha de temperaturas

6.3 Interface desenvolvido

Nesta secção são descritos os diferentes interfaces desenvolvidos para a gestão de utilizadores, relatórios de temperaturas e configuração dos parâmetros de descongelação. O exemplo de um diagrama de blocos do software desenvolvido é mostrado na Figura 33.

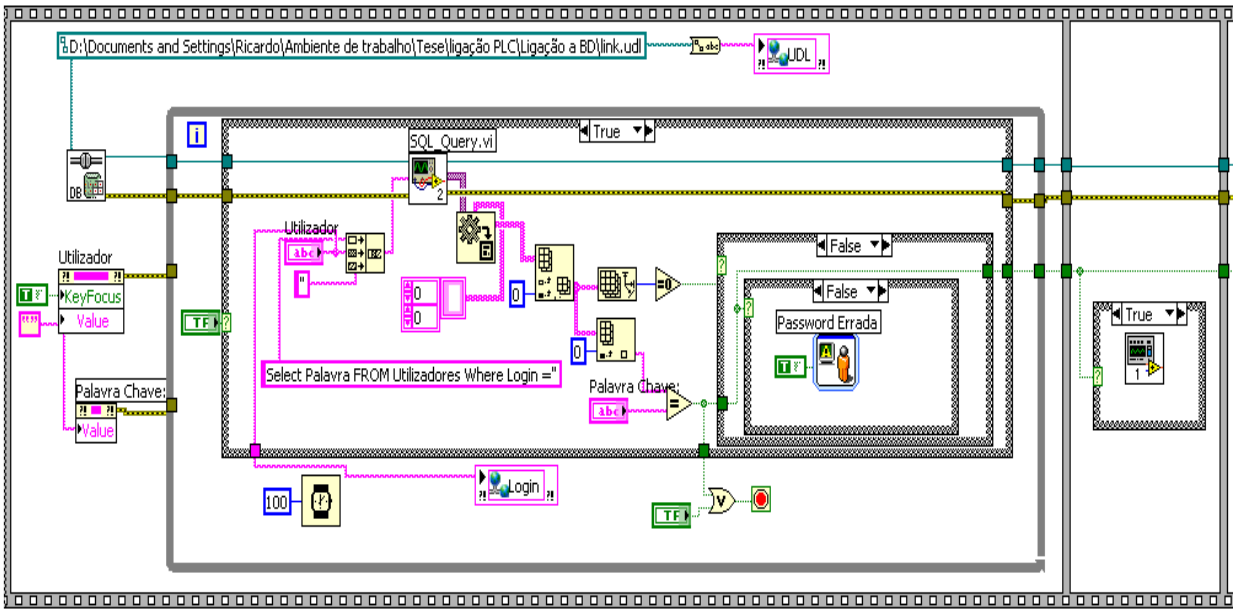


Figura 33 Parte do Diagrama de Blocos da VI de Login

6.3.1 Login

A janela de Login é apresentada quando o utilizador inicia o programa (Figura 34). Esta permite a validação do utilizador, através da introdução do nome do utilizador e da respectiva palavra-chave. Deste modo, o acesso é restringido a pessoas autorizadas, protegendo-se assim os dados da câmara frigorífica e das vitrinas. Depois da validação realizada, surge o menu principal correspondente à função do utilizador (funcionário ou administrador).

A validação é executada quando o utilizador carrega no botão de OK. A VI obtém o Utilizador e a Palavra-Chave, enviando de seguida um pedido de obtenção da Palavra-Chave do Utilizador à Base de Dados. A Base de Dados retorna a Palavra-chave à VI, para comparação com a Palavra-Chave introduzida pelo Utilizador. Caso não haja correspondência entre as duas Palavras-Chave é emitida uma Janela de Aviso com a mensagem "Palavra-chave Errada". Caso contrário, surge o Menu Principal. Existe a possibilidade da Base de Dados não retornar Palavra-Chave. Neste caso, o Utilizador não existe na Base de Dados, sendo apresentado uma Janela de Aviso com a seguinte mensagem "Utilizador Inválido".

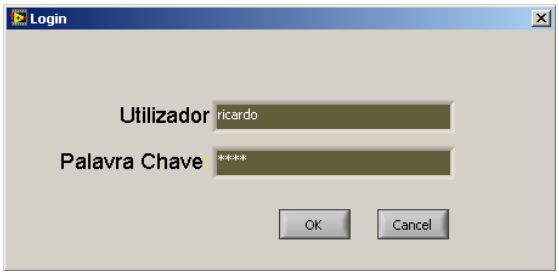


Figura 34 Janela de Login

6.3.2 Alteração de Palavra-Chave

O utilizador pode alterar a Palavra-Chave através da Janela de Alteração da Palavra-Chave. Nesta Janela é necessário introduzir a Palavra-Chave Antiga, a Nova Palavra-Chave e a confirmação da mesma (Figura 35).

A Alteração da Palavra-Chave é executada quando o Utilizador carrega no botão Mudar. A VI executa a leitura da Palavra-Chave Antiga e compara com a Palavra-Chave correspondente ao Utilizador, obtida da Base de Dados. Caso as palavras-chave sejam iguais é verificado de seguida a Palavra-Chave Nova e a confirmação da Palavra-Chave. No caso de serem iguais é actualizada a Palavra-Chave na Base de Dados. Existe a possibilidade de a Palavra-Chave Antiga não corresponder à do utilizador, surgindo a mensagem "Palavra-Chave Antiga Errada". Além disto, pode também ser apresentado a mensagem "Palavra-Chave Nova Errada", caso a confirmação da nova Palavra-Chave não corresponder à introduzida anteriormente.

Figura 35 Janela de Alteração de Palavra-Chave

6.3.3 Introdução de utilizadores

A introdução de novos utilizadores está só disponível a utilizadores com a função de Administrador. Todos os utilizadores com a função de assistente não possuem este privilégio.

A janela de Introdução de utilizadores permite a introdução dos dados dos novos utilizadores (Figura 36). Os dados dos utilizadores a introduzir são o nome, morada, login de entrada, palavra-chave, confirmação da palavra-chave e a função do utilizador (Chefe ou Assistente). São apresentados os dados pessoais dos utilizadores registados na Base de Dados.

Na introdução dos dados referentes aos utilizadores, é verificado se os campos estão todos preenchidos. No caso de existir mais de um campo por preencher é mostrado uma Janela com a mensagem "Preencha os campos". Se só faltar um campo surge uma Janela com a mensagem a pedir o preenchimento do campo em falta. É verificado se a Palavra-Chave é igual à confirmação da Palavra-Chave. Além disto, é verificado se existe algum login igual na base de dados, caso exista o utilizador é avisado. Com todos os campos preenchidos correctamente esta informação é introduzido na base de dados, sendo de seguida actualizada a tabela de utilizadores.

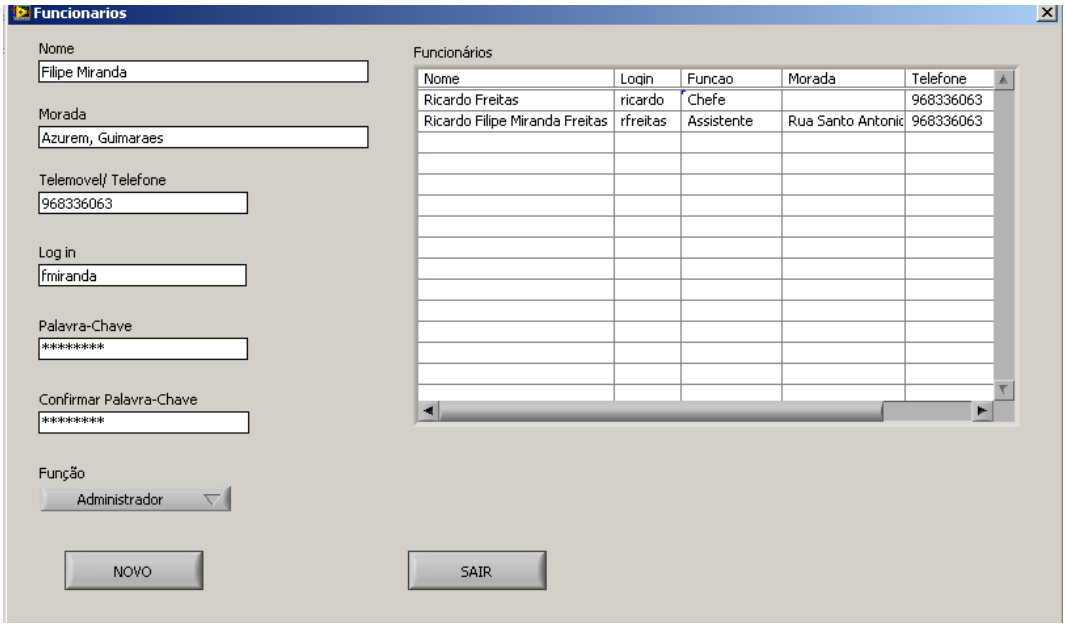


Figura 36 Introduzir Novos Utilizadores

6.3.4 Visualização de utilizadores

A janela de Visualização de utilizadores mostra os dados de todos os utilizadores registados na base de dados (Figura 37). A VI acessa à base de dados pedindo todos os utilizadores registados e os dados correspondentes. Esta janela basicamente só implementa a tabela existente na Janela de Introdução de utilizadores.

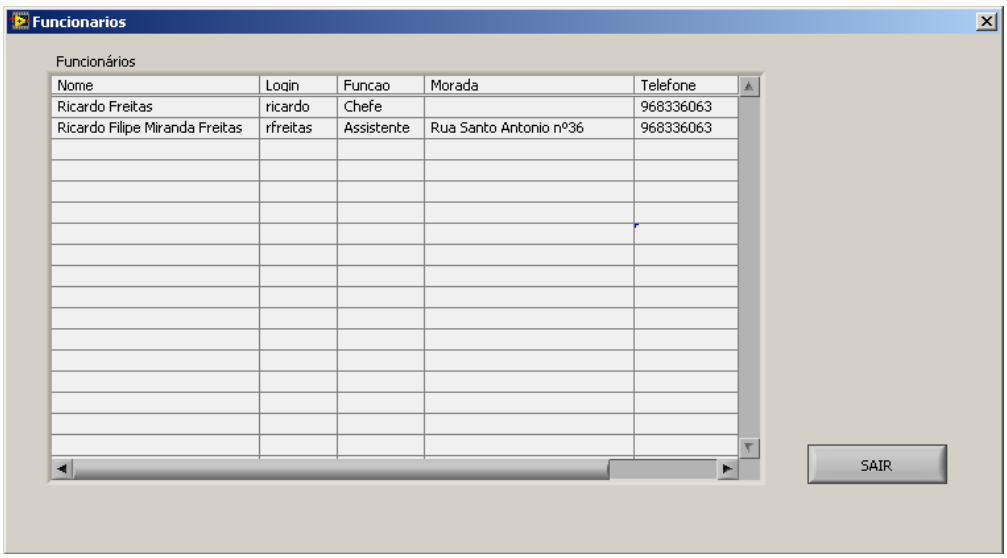


Figura 37 Janela de Visualização de Funcionários

6.3.5 Menu principal para o Administrador

O Menu principal do Administrador é apresentado depois de efectuado o Login (Figura 38). Nesta janela é apresentada as seguintes opções:

- Novo Utilizador e Ver Utilizadores;
- Funcionários a avisar;
- Relatório de Temperaturas;
- Visualização de temperaturas;
- Visualização em Tempo Real;
- Alteração da Palavra-Chave.

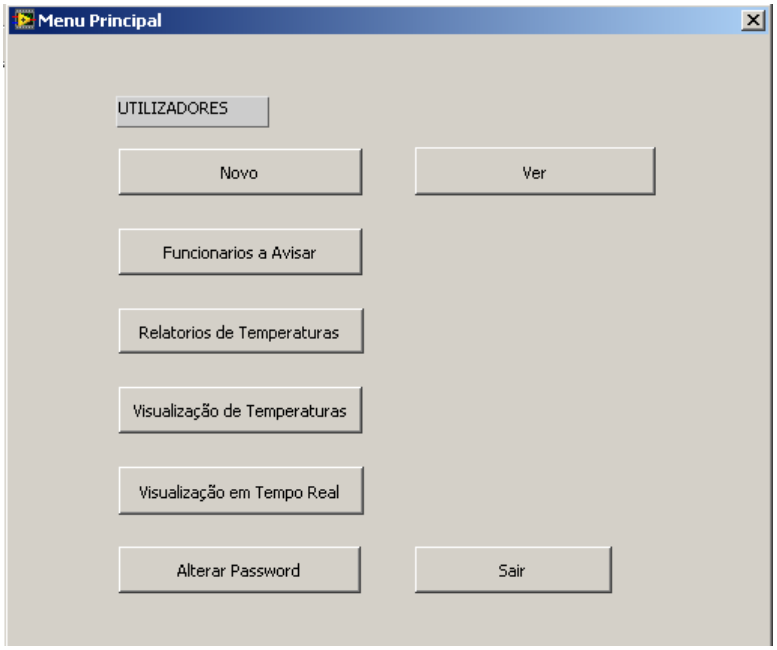


Figura 38 Janela de Menu Principal para Administradores

6.3.6 Menu principal para Funcionários

Os utilizadores com a categoria de Funcionários têm opções limitadas em relação ao Menu Principal dos Administradores (Figura 39). As opções disponíveis são:

- Relatórios de Temperaturas;
- Visualização de temperaturas;
- Visualização em Tempo Real;
- Alteração da Palavra-Chave.

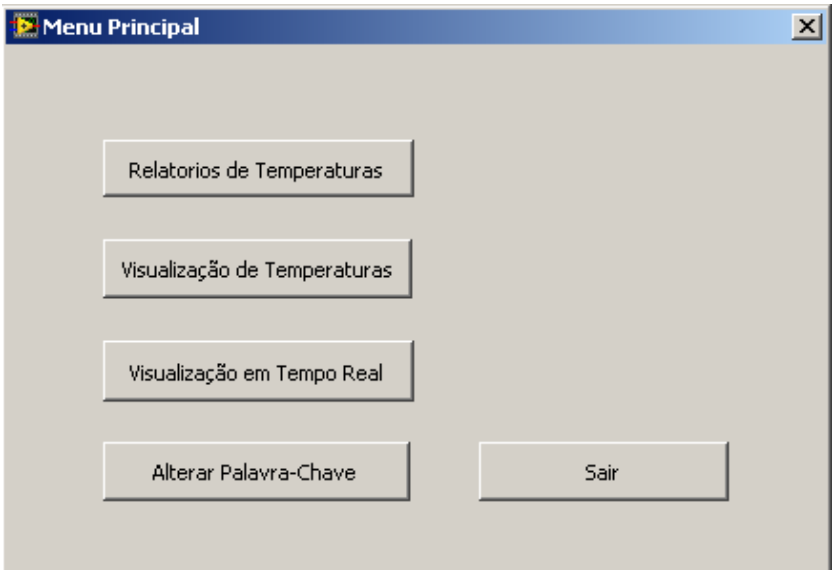


Figura 39 Janela de Menu Principal para Funcionários

6.3.7 Visualização das Temperaturas

A Janela de Visualização de Temperaturas permite a visualização das temperaturas numa Câmara/Vitrina ao longo de um dia (Figura 40). O utilizador escolhe o dia e a câmara e carrega no botão Obter Dados. Através dos valores escolhidos as temperaturas são obtidas da base de dados, carregando o Gráfico de Temperatura versus Tempo. Além disto, é indicada a temperatura média, mínima e máxima correspondente à câmara e ao dia seleccionado. Caso o utilizador escolha um dia que não tem registos, no gráfico não aparecem valores.

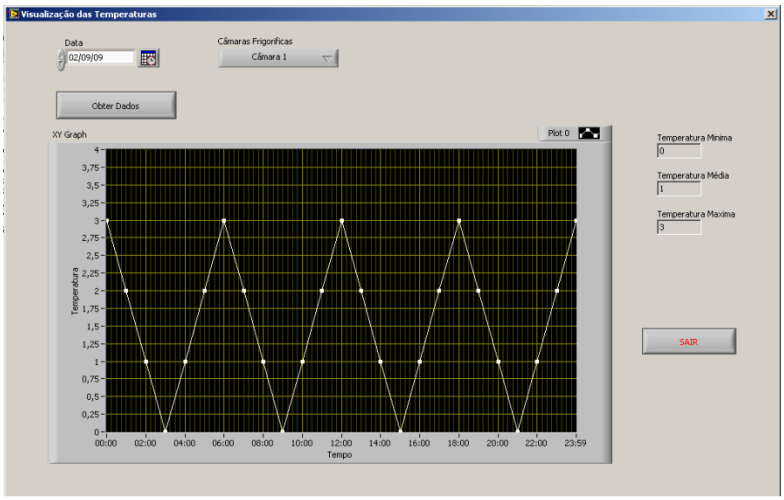


Figura 40 Visualização das Temperaturas

6.3.8 Relatórios de temperatura

Os relatórios de temperaturas permitem que o utilizador gere relatórios de temperatura correspondente a um ano completo (Figura 41), por mês ou por intervalo de tempo correspondentes a uma câmara frigorifica ou vitrina. Estes relatórios podem ser gerados no Formato Excel ou PDF. Nos Anexo 7 e Anexo 8 encontra-se um exemplo de um relatório, para um determinado dia, gerado nos formatos PDF e Excel, respectivamente.

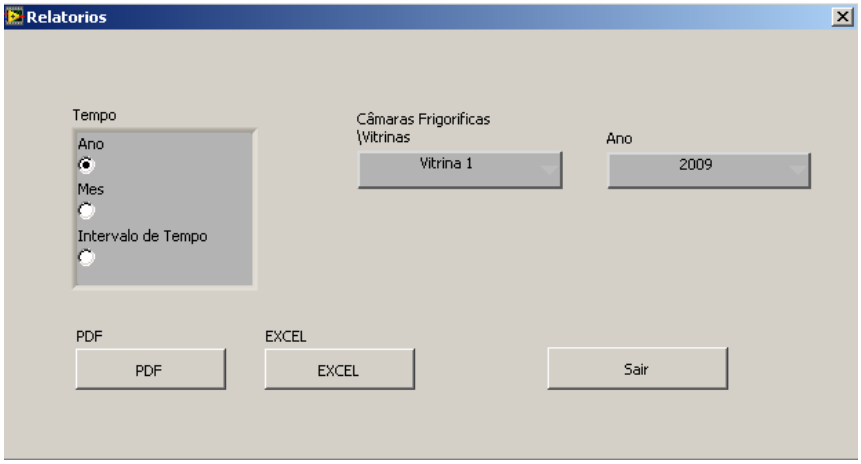


Figura 41 Janela de Relatório de Temperaturas por Ano

Na opção Intervalo de tempo é necessário configurar a Data Inicial e a Data Final (Figura 42). Caso a Data Inicial seja superior à Data Final é emitida uma mensagem de erro "Data Final é anterior a Inicial": Na eventualidade de não existirem registos de temperatura para esse período de tempo, visualiza-se a seguinte mensagem: "Não há registos deste Intervalo de Tempo".

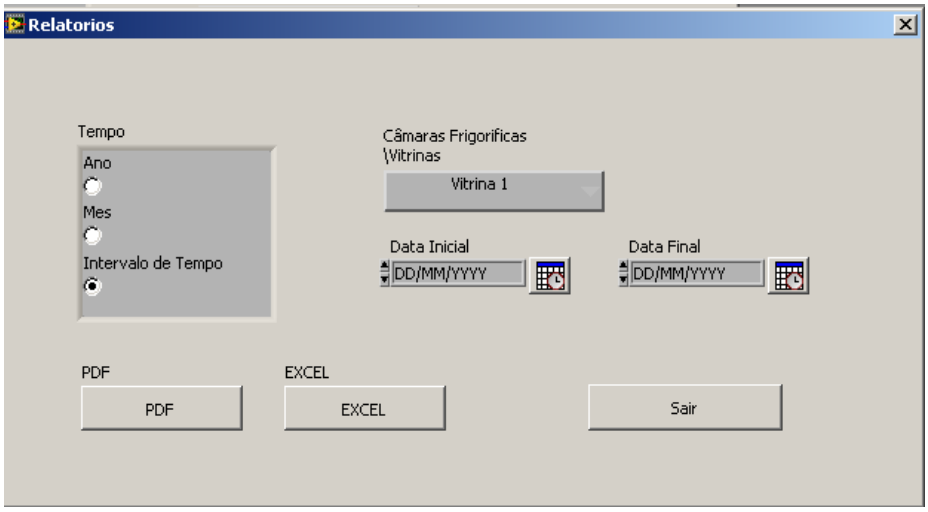


Figura 42 Janela de Relatório de Temperaturas por Intervalo de tempo

Na opção Mês é necessário configurar o Mês e o Ano (Figura 43). Caso não exista registos de temperatura para esse mês é visualizada a seguinte mensagem: "Não há registos deste Mês".

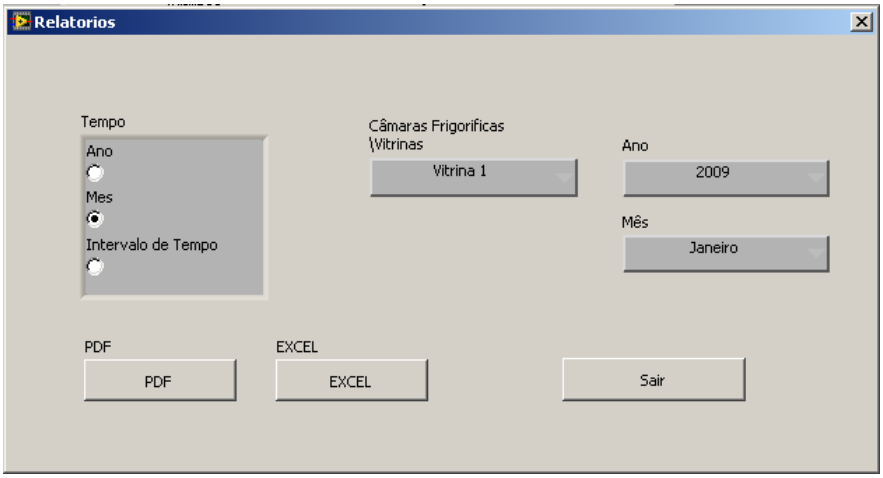


Figura 43 Janela de Relatório de Temperaturas por Mês

6.3.9 Configuração da Descongelação

Foi desenvolvido um interface em LabVIEW para a configuração das descongelações das vitrinas. No interface é possível seleccionar o tipo de descongelação (Figura 44 e Figura 45). Consoante o tipo de descongelação, são mostrados os campos correspondentes aos tempos em cada fase da descongelação, descritos no capítulo da refrigeração. Os campos de Intervalo entre Descongelações, Hora de Inicio e Arranque / Paragem do Compressor são comuns aos dois tipos de descongelação. Além disto, é necessário configurar a porta de comunicação série para a comunicação com autómato. Os parâmetros são enviados para posições de memória específicas.

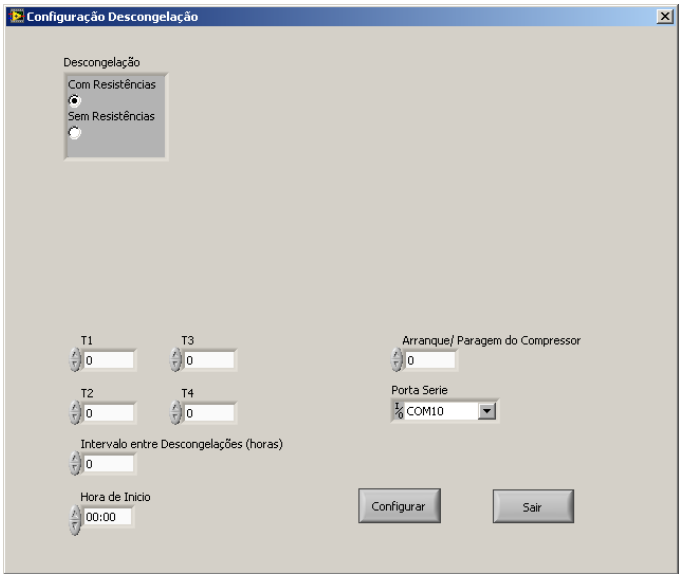


Figura 44 Configuração da Descongelação com Resistências

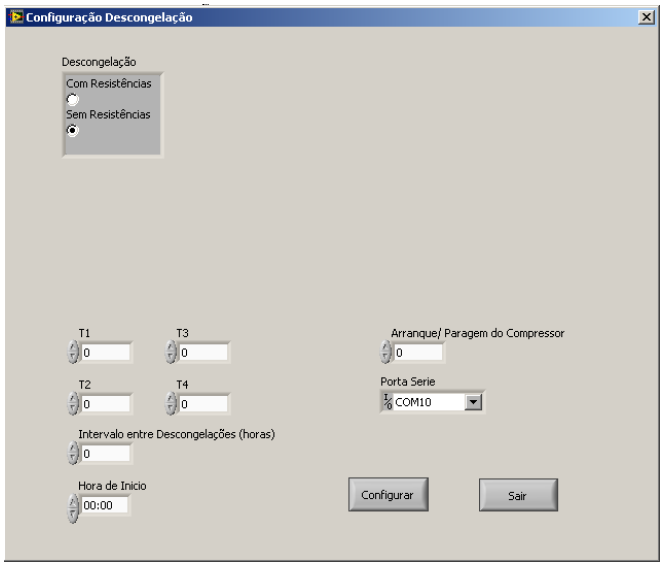


Figura 45 Configuração da Descongelação sem Resistências

6.4 Referências

[1] http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/6514 (acedido em Setembro de 2009).

[2] Introdução ao LabVIEW, Paulo Cardoso, Apontamentos de Laboratórios e Praticas Integradas II.

[3] Sysmac CS/CJ Series Communications Commands Reference Manual, Omron.

7. Base de dados

Sumário

Neste capítulo é descrito a escolha da base de dados para o armazenamento das temperaturas, assim como a construção da base de dados e a ligação do LabVIEW à mesma. Por fim, são descritas as consultas em SQL (*Structured Query Language*) utilizadas em cada um dos interfaces desenvolvidos em LabVIEW.

7.1 Introdução
7.2 Escolha da Base de Dados
7.3 Construção da Base de Dados
7.4 Ligação do LabVIEW a Base de Dados
7.5 *Queries* Desenvolvidas
7.6 Referências

7.1 Introdução

Os sistemas de Gestão de Ficheiros foram os antecessores dos sistemas de base de dados. Estes eram constituídos por sistemas de processamento de dados e o seu desenvolvimento reflectia os fluxos de informação suportados em papel [1]. Os dados que tivessem diferentes destinos físicos, tinham diferentes tratamentos de dados.

Uma Base de dados é um conjunto organizado de dados, disponíveis a todos os utilizadores e aos processamentos da organização que deles tenham necessidade. As principais vantagens da utilização da Base de Dados são: a integração dos recursos de informação de uma organização e o desenvolvimento e manutenção a alto - nível. A utilização de base de dados requer a modelação de dados, porque várias aplicações podem partilhar o mesmo conjunto de dados (Figura 46) [1].

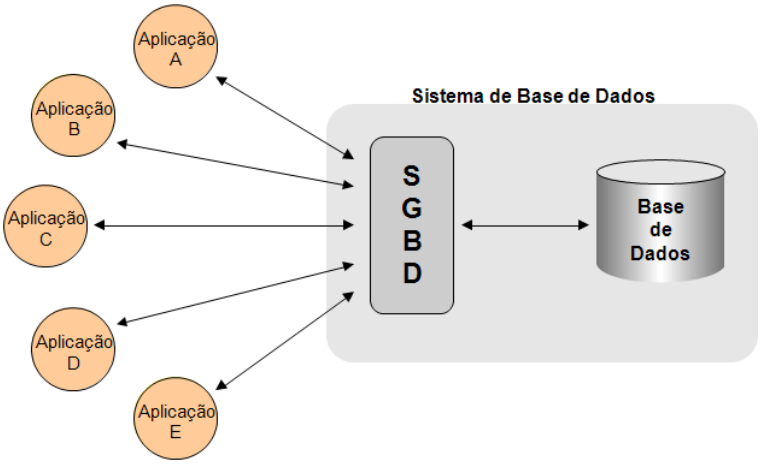


Figura 46 Sistema de Base de Dados

7.2 Escolha da Base de Dados

Existem vários sistemas de base de dados disponíveis no mercado, tendo sido pesquisado vários. Uma vez que se tratou de um projecto feito de raiz, optou-se por escolher o Microsoft Access 2007. A razão desta escolha deve-se ao conhecimento possuído da plataforma e sua fácil configuração e utilização. O uso da base de dados vai servir de base para a gestão dos utilizadores e dos registos de temperatura.

7.3 Construção da Base de Dados

Nesta secção é descrito o modelo de Entidade – Relacionamento da base de dados. De seguida é efectuada a descrição das tabelas obtidas do modelo entidade - relacionamento.

7.3.1 Modelo Entidade – Relacionamento

O projecto da base de dados é feito pela construção do Modelo de Entidade - Relacionamento, que reflecte a percepção que os utilizadores têm dos dados, independentes de qualquer implementação física [1]. O diagrama de Entidade - Relacionamento usa uma convenção gráfica que permite uma visão simples, intuitiva e rápida das entidades desenvolvidas e das relações de correspondência entre elas. Os atributos ou campos de dados de uma entidade fornecem informação relevante que permite caracterizar a entidade. A Figura 47 mostra o Modelo Entidade – Relacionamento da base de dados desenvolvida.

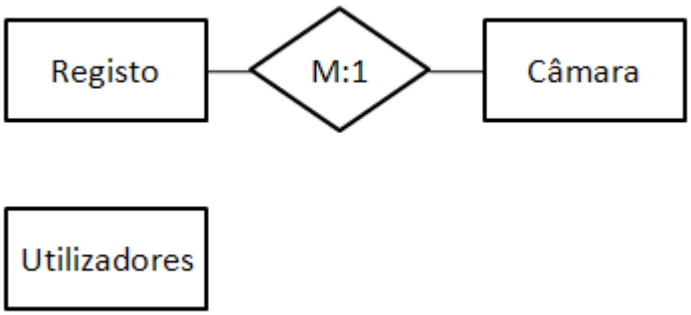


Figura 47 Modelo Entidade – Relacionamento

7.3.2 Tabelas Desenvolvidas

No Microsoft Access 2007 foi criada uma base de dados com o nome Temperaturas. Esta base de dados contém três tabelas: Utilizadores, Dados e Registo.

Tabela Utilizadores

A tabela Utilizadores armazena todos os dados sobre os utilizadores da aplicação em LabVIEW, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 Tabela Utilizadores

Nome do Campo	Tipo de Dados
Nome	Texto
Função	Texto
Telefone	Número
Prioridade	Número
Morada	Texto
Login	Texto
Palavra	Texto

- **Nome** – Nome do utilizador;
- **Função** – Função exercida no talho: assistente ou chefe;
- **Telefone** – Telefone ou telemóvel do utilizador;
- **Prioridade** – Prioridade de chamada no caso de falha de energia;
- **Morada** – Morada da Residência do Utilizador;
- **Login** – Login de entrada na aplicação em LabVIEW;
- **Palavra** – Palavra-Chave para validação do utilizador na janela de login.

Tabela Registo

A tabela Registo armazena os dados acerca do registo de temperaturas das diferentes câmaras (Tabela 5).

Tabela 5 Tabela Registo

Nome do Campo	Tipo de Dados
ID	Numeração automática
Temperatura	Número
Câmara	Número
Data	Data
Hora	Hora

- **ID** – Número de registo de temperatura;
- **Temperatura** – Temperatura medida pelo controlador na vitrina/câmara;
- **Câmara** – Câmara ou vitrina da qual foi medida a temperatura;

- **Data** – Data da medição da temperatura;
- **Hora** – Hora de medição da temperatura.

Tabela Dados

A tabela de Dados guarda os dados sobre as câmaras/vitrinas frigoríficas, com os campos descritos na Tabela 6.

Tabela 6 Tabela Dados

Nome do Campo	Tipo de Dados
Número	Numeração automática
Descrição	Texto
Intervalo_max	Número
Intervalo_min	Número

- **Número** – Número de identificação da Câmara ou Vitrina;
- **Descrição** – Descrição da vitrina/câmara frigorífica;
- **Intervalo_max** – Temperatura máxima definida para vitrina/câmara;
- **Intervalo_min** - Temperatura mínima definida para vitrina/câmara.

7.4 Ligação do LabVIEW a Base de Dados

Para a comunicação do LabVIEW com a base de dados foi utilizado um módulo desenvolvido pela National Instruments chamado *Database Connectivity Toolset 1.0.1* [2]. O *LabView Database Connectivity Toolkit* é uma ferramenta fácil que permite a conexão rápida à base de dados local ou remota e as operações de consulta usando SQL.

Antes de realizar a comunicação com a base de dados é necessário criar a ligação da base de dados através da configuração de um ficheiro UDL (Universal Data Link). O UDL contém informações sobre o fornecedor OLE DB (driver de comunicação), as informações do servidor, identificação do utilizador, senha e a base de dados. O fornecedor OLE DB padrão para o UDL é o fornecedor OLE DB para OBCD, mas os fornecedores nativos para o sistema de base de dados são mais eficientes.

Na configuração do ficheiro UDL são necessários os seguintes passos:

1. Criar o ficheiro UDL. Para criar é necessário carregar no botão direito do rato e seleccionar a opção Novo. De seguida, selecciona-se Microsoft Data Link.
2. Seleccionar o fornecedor da Base de Dados (Figura 48). Utilizou-se o Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider, que é o fornecedor nativo do Microsoft Access 2007.

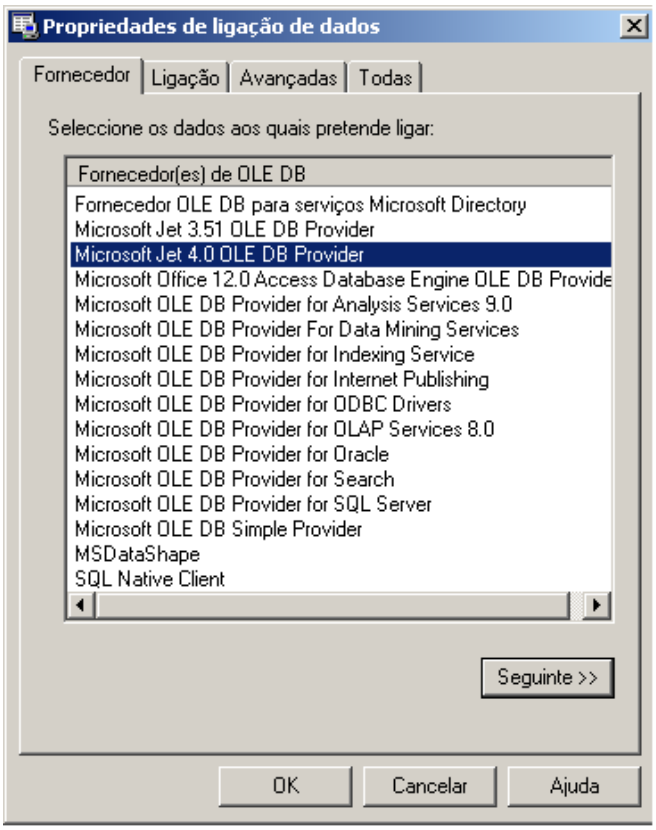

Propriedades de ligação de dados
Fornecedor
Ligação
Avançadas
Todas
Seleccione os dados aos quais pretende ligar:
Fornecedor(es) de OLE DB
Fornecedor OLE DB para serviços Microsoft Directory
Microsoft Jet 3.51 OLE DB Provider
Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider
Microsoft Office 12.0 Access Database Engine OLE DB Provide
Microsoft OLE DB Provider for Analysis Services 9.0
Microsoft OLE DB Provider For Data Mining Services
Microsoft OLE DB Provider for Indexing Service
Microsoft OLE DB Provider for Internet Publishing
Microsoft OLE DB Provider for ODBC Drivers
Microsoft OLE DB Provider for OLAP Services 8.0
Microsoft OLE DB Provider for Oracle
Microsoft OLE DB Provider for Search
Microsoft OLE DB Provider for SQL Server
Microsoft OLE DB Simple Provider
MSDataShape
SQL Native Client
Seguinte >>
OK
Cancelar
Ajuda

Figura 48 Configuração do Fornecedor da Base de Dados

3. Configurar a Ligação. É necessário introduzir o nome da Base de Dados e o nome do Utilizador como mostra a Figura 49. Para verificar se a ligação está correcta, carrega-se no Botão de "Testar Ligação".

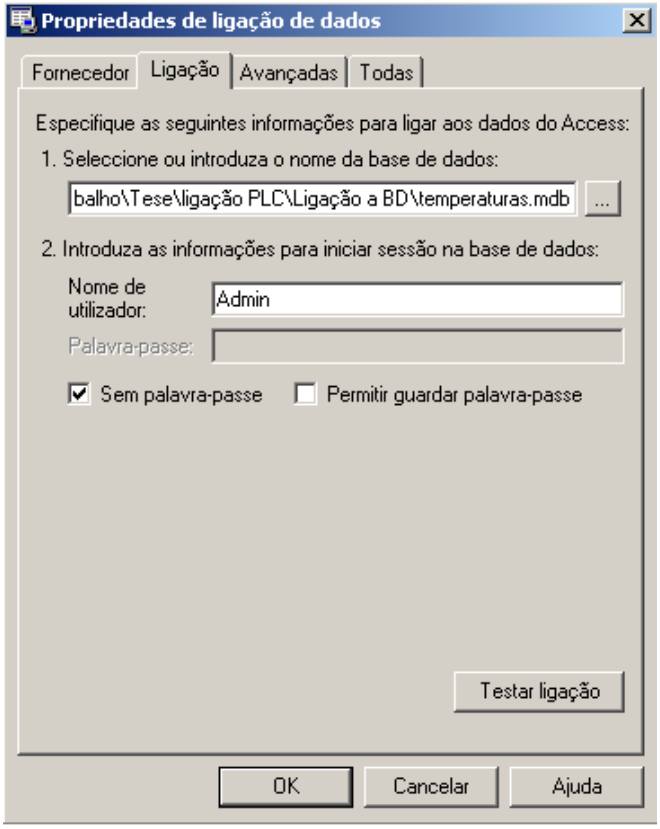


Figura 49 Configuração da Ligação

4. Para utilizar o UDL no LabVIEW utiliza-se a *DB Tools Open Connection VI* que permite abrir a conexão à VI no LabVIEW e a base de Dados em Access (Figura 50).

Figura 50 Abertura da conexão com a Base de Dados

7.5 *Queries* Desenvolvidas

Foram desenvolvidas várias SQL queries para serem utilizadas em diferentes VIs. Nesta secção são descritas as *queries* utilizadas.

a) Login

Select Palavra FROM Utilizadores Where Login ='Utilizador' – Obtêm a Palavra da Tabela Utilizadores onde o Login é igual ao utilizador.

Select Funcao FROM Utilizadores Where Login = 'Utilizador' – Retorna a Função da Tabela Utilizadores onde o Login é igual ao utilizador.

b) Alteração da Palavra-Chave

Select Palavra FROM Utilizadores Where Login ='Utilizador' - Obtêm a Palavra da Tabela Utilizadores onde o Login é igual ao utilizador.

UPDATE Utilizadores SET Palavra='Palavra-Chave' WHERE Login='Utilizador" - Actualiza na tabela Utilizadores o campo Palavra com a Palavra-Chave onde o Login é igual ao utilizador.

c) Introdução de Utilizadores

*Select * FROM Utilizadores* – Selecciona Todos os campos e registos da Tabela Utilizadores.

d) Visualização de Temperaturas

Select Max(Temperatura) FROM Registo Where Data=#%m/%d/%y# AND Camara="Camara" – Selecciona a temperatura Máxima da Tabela Registo numa determinada data e câmara.

Select Min(Temperatura) FROM Registo WHERE Where Data=#%m/%d/%y# AND Camara="Camara" - Selecciona a temperatura mínima da Tabela Registo numa determinada data e câmara.

Select AVG(Temperatura) FROM Registo WHERE Where Data=#%m/%d/%y# AND Camara="Camara" - Selecciona a temperatura média da Tabela Registo numa determinada data e câmara.

e) Relatórios de Temperaturas

Select Data, Hora, Temperatura FROM Registo Where Data between #01/01/%d# AND #12/31/%d# AND Camara=%d ORDER BY Data ASC - Selecciona os campos e registos de Data, Hora e Temperatura de uma câmara num ano ordenados por ordem ascendente.

Select Data, Hora, Temperatura FROM Registo Where Data between #%s# AND #%s# AND Camara=%d ORDER BY Data ASC - Selecciona os campos e registos de

Data, Hora e Temperatura de uma câmara, num determinado intervalo de tempo ordenados por ordem ascendente.

Select Data, Hora, Temperatura FROM Registo Where Data between #%d/01/%d# AND #%d/%d/%d# AND Camara=%d ORDER BY Data ASC - Selecciona os campos e registos de Data, Hora e Temperatura de uma câmara, num mês ordenados por ordem ascendente.

7.6 Referências

[1] Apontamentos da Unidade Curricular de Base de Dados, Maribel Yasmina Santos, 2008.

[2] http://www.ni.com/toolkits/lv_db_conn.htm (acedido em Março de 2009).

8. Conclusão e Sugestões para Trabalhos Futuros

Sumário

Neste capítulo são apresentadas as conclusões referentes ao desenvolvimento do sistema de monitorização e controlo de um sistema de refrigeração. São sugeridos possíveis trabalhos futuros.

Esta dissertação teve como objectivo o desenvolvimento de um sistema de monitorização e controlo do processo de refrigeração do Talho Boticas, em Braga, que efectue o registo de temperaturas de vitrinas frigoríficas e o controlo da temperatura e descongelação das mesmas. Este sistema cumpre uma das directivas comunitárias, que é a recolha de temperaturas em intervalos de tempo pré-determinados. Actualmente, a recolha de temperaturas das vitrinas e câmaras frigoríficas do Talho Boticas é efectuada por um funcionário duas vezes por dia (às 9 horas e às 18 horas). Existem vários sistemas de monitorização no mercado, tais como o TCS.Wireless e o ADAP-KOOL®. No entanto, estes sistemas possuem limitações que os tornam aplicáveis a determinados sistemas de refrigeração. O ADAP-KOOL® é só aplicável a controladores da Danfoss. Enquanto o TCS.Wireless implica a instalação de uma infra-estrutura WiFi e na eventualidade de falha de energia não é capaz de enviar uma SMS de aviso.

Inicialmente foi realizado um estudo dos controladores de temperatura existentes no Talho para verificar a possibilidade de ligação em rede. Verificou-se que os controladores de temperatura das vitrinas frigoríficas possuíam suporte para a ligação enquanto os das câmaras frigoríficas não apresentavam esta funcionalidade. Deste modo, a solução passaria por substituir os controladores de temperatura das câmaras frigoríficas por controladores do mesmo modelo das vitrinas. O orçamento desta solução, incluindo equipamento adicional necessário, era cerca de 1132,1 Euros. Com base neste valor e na necessidade de criar um sistema de monitorização *standard* para a OMRON, optou-se por se desenvolver um sistema baseado nestes últimos. Esta solução apresenta um custo de cerca de 2464 Euros. Deste modo, tornou-se necessário desenvolver um sistema de monitorização e controlo da refrigeração e o respectivo sistema de descongelação.

O controlo do sistema de refrigeração de cada vitrina foi implementado localmente no controlador de temperatura E5CN da OMRON (substituição do equipamento existente). No entanto, como este não possui suporte ao processo de descongelação, foi necessário desenvolver o programa de descongelação no autómato. De forma a ser possível configurar os parâmetros da descongelação desenvolveu-se um *software* em LabVIEW.

A fim de registar o perfil da variação das temperaturas nas vitrinas, foi desenvolvido no autómato um programa de recolha de temperatura dos controladores de temperatura E5CN, que engloba a comunicação e o armazenamento das temperaturas na memória no autómato.

No programa de monitorização desenvolvido em LabVIEW, foi implementado e testado o sistema de recolha de temperatura do autómato para o computador e a respectiva introdução na Base de Dados em Access. Foi também desenvolvido a gestão de utilizadores do software de monitorização, que permite apenas o acesso a utilizadores registados. Outra funcionalidade desenvolvida foi a geração dos relatórios das temperaturas registadas no controlador de temperatura E5CN, disponíveis em PDF ou Excel. A visualização da temperatura em tempo de real das vitrinas frigoríficas não foi implementada.

Foi desenvolvida uma base de dados em Microsoft Access 2007 que permite gerir os utilizadores do software de monitorização e as temperaturas registadas das diferentes câmaras e vitrinas frigoríficas.

O sistema de alerta por SMS no caso de falha de energia ou subida de temperatura não foi implementado por falta de equipamento adequado.

Na fase de desenvolvimento do *software* de monitorização em LabVIEW, verificou-se que a implementação da maior parte dos interfaces, e do algoritmo de recolha de temperaturas foi morosa e complexa. Conclui-se que a implementação de interface elaborados em LabVIEW não é aconselhável, visto existirem outras plataformas de programação que fornecem bibliotecas bastante completas e que permitem a rápido desenvolvimento de software, como por exemplo, o .NET.

Em relação ao sistema de controlo de refrigeração, testado em ambiente laboratorial, conclui-se que realiza o controlo de refrigeração e a descongelação de forma semelhante ao sistema actualmente instalado no talho Boticas.

O trabalho futuro poderá consistir no desenvolvimento de um módulo GSM no sistema de monitorização e controlo, para o aviso prévio dos funcionários do Talho, no caso de falha de energia ou subida abrupta de temperatura de uma das vitrinas.

A integração de uma consola de ecrã táctil no sistema de monitorização permitirá, de um modo simples, a configuração dos parâmetros de descongelação ou o controlo do sistema de refrigeração. Além disto, seria interessante a substituição do LabVIEW pela linguagem de programação C#, possibilitando desta forma a integração em páginas Web. Além disto, pode-se complementar um sistema de visão com a função de monitorizar remotamente o estabelecimento comercial para efeitos de intrusão.

9. Anexos

Sumário

Neste capítulo são apresentadas todos os esquemas eléctricos usados no projecto, o relatório de Levantamento de equipamento no Talho Boticas, as listagens de VI desenvolvidas e exemplos de relatórios gerados. Por fim, é mostrado o artigo submetido na conferência ISIE 10.

Anexo 1 - Esquema Eléctrico do controlador de temperatura PB00C0HB00

Anexo 2 - Esquema Eléctrico do controlador de temperatura ID974 da Eliwell

Anexo 3 - Relatório do Levantamento de equipamento no talho Boticas

Anexo 4 – Esquema Eléctrico de Ligação do Controlador de Temperatura E5CN ao autómato

Anexo 5 - Referência ao Ladder desenvolvido para o autómato

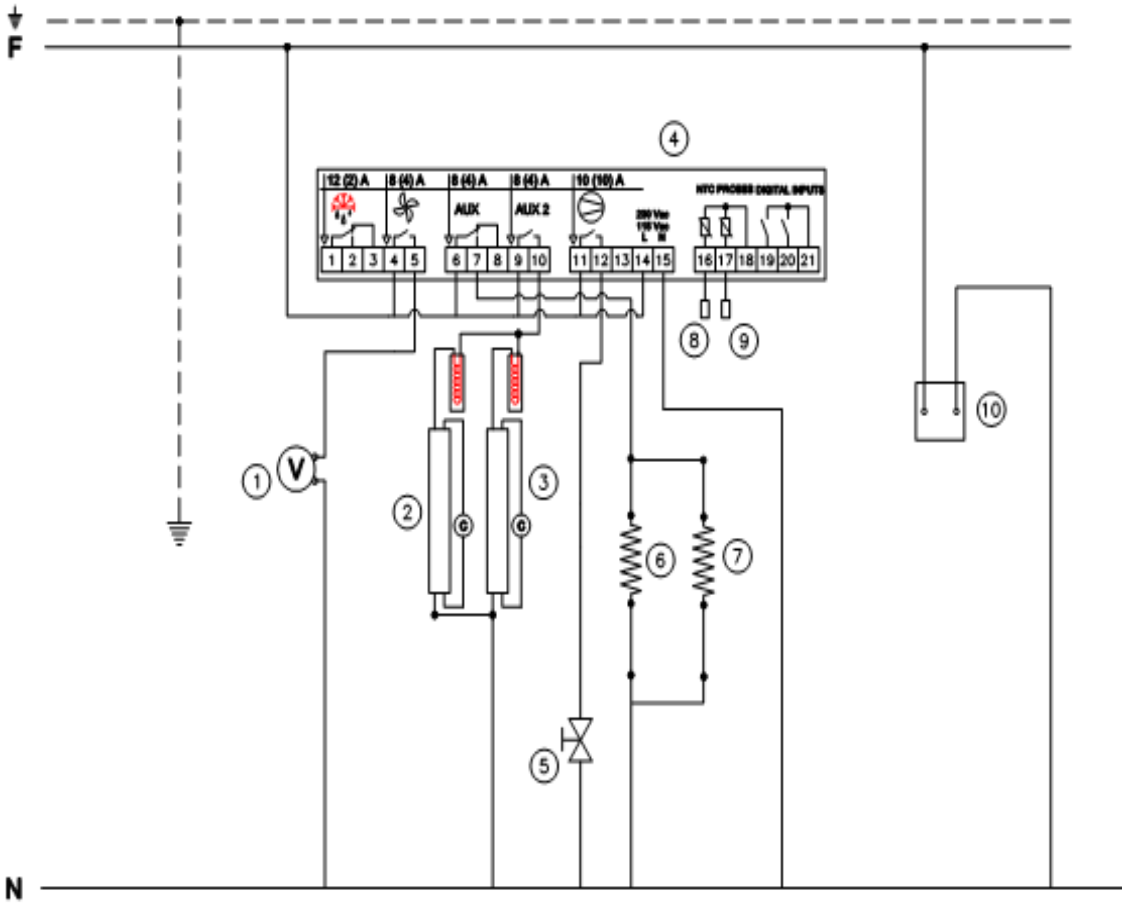
Anexo 6 - Listagem de VI desenvolvidas

Anexo 7 – Exemplo de Relatório de Temperaturas em formato PDF

Anexo 8 - Exemplo de Relatório de Temperaturas em formato Excel

Anexo 9 - Artigo submetido na conferência ISIE 10

Anexo 1 - Esquema Eléctrico do controlador de temperatura PB00C0HB00

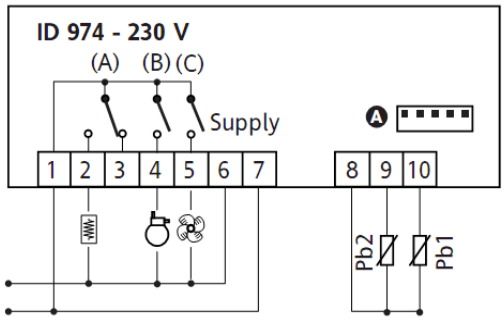


Legenda

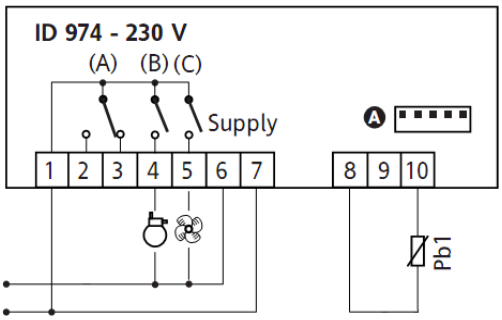
1 – Ventiladores
2 – Lampada decoraψτo
3 – Lampada interior
4 – Controlador digital CAREL PB00C0HB00
5 – Valvula Solenoide (compressor)
6 – Resistθncia 25 W/m (lateral)
7 – Resistθncia 50 W/m (frontal)
8 – Sonda Ambiente
9 – Sonda descongelaψτo
10 – Tomada 230V/50Hz

Anexo 2 - Esquema Eléctrico do controlador de temperatura ID974 da Eliwell

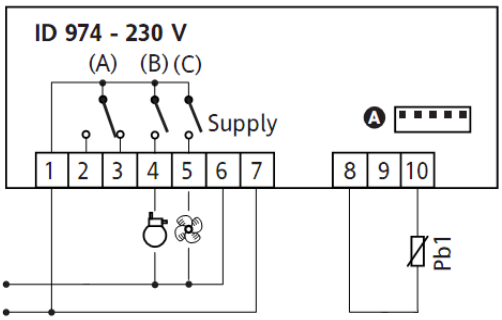
Câmara de Congelação



Câmara de Conservação



Câmara de Desmanche



Terminais	
1	Comum saída no relé
2	Contacto normalmente Aberto do relé descongelação (A)
3	Contacto normalmente Fechado do relé descongelação (A)
4	Saída relé do compressor ou válvula solenóide (B)
5	Saída relé dos ventiladores (C)
6-7	Alimentação
8-9	Entrada sonda 2 (evaporador)
8-10	Entrada sonda 1 (compressor)
A	Entrada TTL para Copy Card

Anexo 3 – Relatório do Levantamento de equipamento no Talho Boticas

Universidade do Minho

Escola de Engenharia
Departamento de Electrónica Industrial

Mestrado Integrado em Engenharia Electrónica Industrial e Computadores

08/09

Levantamento de equipamento no Talho Boticas

Ricardo Freitas
nº42991

1. Índice

1. Controlador de temperatura da série PowerCompact da Carel 109
1.1. Funcionamento 111
1.1.1. Degelo 111
1.1.2. Ciclo Continuo 111
1.1.3. HACCP 111
1.2. Ligação em Rede 112
1.3. Outros acessórios 112
1.4. Características eléctricas 113
1.4.1. Alimentação 113
1.4.2. Entradas 113
1.4.3. Saídas 114
1.4.4. Esquemas 114
2. Controlador de temperatura ID 974 da EliWell 116
2.1. Interface 116
2.2. Menus 116
2.2.1. Menu Machine Status 116
2.2.2. Menu Programming (Programação) 117
2.3. Características eléctricas 118

1. Controlador de temperatura da série PowerCompact da Carel

O controlador presente na bancada Columbus no Talho Boticas, é um modelo da série PowerCompact da empresa Carel. Este controlador foi desenhado para o controlo de unidades de refrigeração, sendo composto por microcontroladores electrónicos integrados com um display. A série Power Compact disponibiliza configurações com 2,3,4 e 5 relés, relé de 2HP (cavalos de potencia) para o compressor e a possibilidade de mudança de alimentação da tensão de entrada (115/230 Vac). Os modelos da série são M, S, F, C e H que possuem diferentes funções.

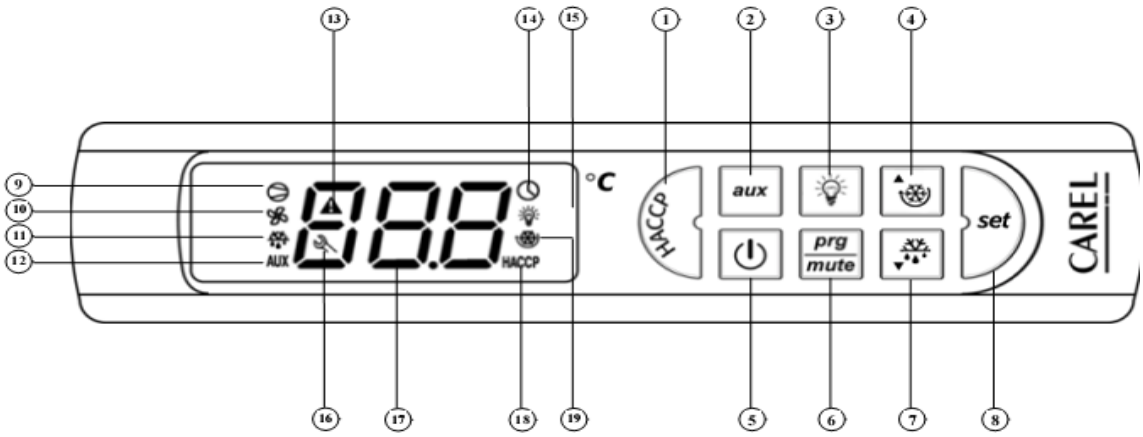


Figura 1- Controlador de temperatura PowerCompact da Carel

O interface do controlador de temperatura divide-se em dois componentes: o teclado e o display. O teclado permite configurar os modos de operação do controlador (ciclo contínuo, HACCP), sinalizar as saídas tais como: saídas auxiliares, ventoinha, compressor. Além disto, o display permite visualizar a temperatura dentro da bancada. As funções dos elementos do teclado e display são as seguintes:

Teclado:

1. **HACCP:** Permite o acesso aos parâmetros relativos ao sistema alarmes HACCP.
2. **ON / OFF:** Liga \ Desliga o controlador.
3. **PRG / MUTE:** Permite aceder aos parâmetros de configuração e frequência, como a atribuição automática de endereços de rede e a reinicialização de alarmes.
4. **UP/CC:** Activa \ desactiva a função de ciclo contínuo.

5. **LIGHT:** Activa \ desactiva saída auxiliar 2.
6. **AUX:** Activa \ desactiva a saída auxiliar 1.
7. **DOWN / DEF:** Activa \ desactiva degelo manual
8. **SET:** permite em conjunto com o UP/CC a impressão de relatório, alterar \ visualizar o valor referência (setpoint).
9. **COMPRESSOR:** ON quando o compressor liga. Pisca quando a activação do compressor é adiada.

Display

10. **FAN:** ON quando a ventoinha liga. Pisca quando a activação do ventilador é impedida a avarias.
11. **Defrost:** ON quando o descongelamento é activado. Pisca quando a activação do degelo é impedida devido à desactivação externa ou procedimentos em curso.
12. **AUX:** ON quando a saída auxiliar (1 e / ou 2) seleccionado através do AUX é activada.
13. **ALARME:** ON seguintes pré-activação da entrada digital alarme externo atrasado. Pisca no caso de alarmes durante operação normal (por exemplo, alta / baixa temperatura), ou no caso de alarmes externos a partir de uma entrada digital, imediato ou retardado.
14. **RELÓGIO:** ON se pelo menos uma temporização de degelo foi fixada.
15. **LIGHT:** ON quando a saída auxiliar (1 e / ou 2) seleccionada com luz é activada.
16. **SERVIÇO:** Pisca em caso de avarias, por exemplo, erros da EEPROM ou descoberta de erros.
17. **DISPLAY:** Exibe a temperatura na faixa -50 a +150 C. A temperatura é mostrada com uma resolução de décimo de um grau entre os valores de-19.9 e + 19,9 C. O visor dos décimos pode ser desabilitado alterando o parâmetro relacionado.
18. **HACCP:** ON quando a função HACCP é activada. Pisca quando há novos alarmes armazenados HACCP (HA e / ou alarme HF mostrados no visor).
19. **Ciclo contínuo:** ON quando a função ciclo contínuo é activada. Pisca quando a activação da função é impedida, devido à desactivação externa ou procedimentos em curso (por exemplo: tempo mínimo compressor OFF).

Os parâmetros presentes neste controlador estão divididos em diferentes categorias:

- Sonda de temperatura;
- Controlo de temperatura;
- Activação e tempo de segurança do compressor e outros parâmetros de activação;
- Degelo;
- Alarme;
- Ventoinha;
- Parâmetros de configuração geral;
- Parâmetros HACCP;
- RTC (Real Time Clock).

1.1 Funcionamento

O controlador de temperatura da Carel permite configurar diferentes modos de operação do controlador: degelo, ciclo contínuo, HACCP.

1.1.1. Degelo

O degelo (descongelação) pode ser efectuado neste controlador através de activação manual e configuração dos parâmetros referentes a degelo. Com as saídas lógicas auxiliares 1 e 2 activados, é possível realizar o degelo ao mesmo tempo da utilização do evaporador (situado dentro da bancada, onde estão os alimentos). O degelo só é efectuado, se a leitura na sonda do evaporador for menor que a final de degelo, isto é, o degelo ocorre quando a temperatura no interior da bancada aumentar. O degelo também pode ser realizado num determinado intervalo de tempo definido por um parâmetro.

1.1.2. Ciclo Continuo

No modo de ciclo contínuo o compressor opera independentemente do controlador, mesmo que a temperatura seja inferior ao valor de referência (setpoint).

1.1.3. HACCP

É uma função que permite o controlo avançado e gravação das seguintes anomalias:

- Falha de energia: duração da falha, valor da temperatura depois da activação do alarme;
- Aumento da temperatura: devido a más condições de funcionamento, erros de operação, bloqueios;

Estas duas falhas possuem dois alarmes. O HACCP só está disponível em modelos com real time clock (RTC).

1.2. Ligação em Rede

O controlador tem suporte para ligação em rede, possibilitando a sua ligação a PC. A conexão é efectuada através do acessório IROPZ48500, que permite ligar a uma rede RS485. No entanto, é necessário um conversor serie RS485 / RS232 (PC485KIT00) para a conexão da rede RS485 a um computador. Na conexão entre o controlador e o PC é feita inicialmente com o envio de uma mensagem que contém um endereço de rede. Ao mesmo tempo, o utilizador deverá pressionar o botão PRG/Mute, para que o controlador reconheça a mensagem e adicione o endereço de rede. De seguida é enviada uma resposta que contém o unit code e versão de firmware. No computador é necessário a aplicação ComTool da Carel que permite gerir os parâmetros de controlo através do upload ou download a partir do controlador.

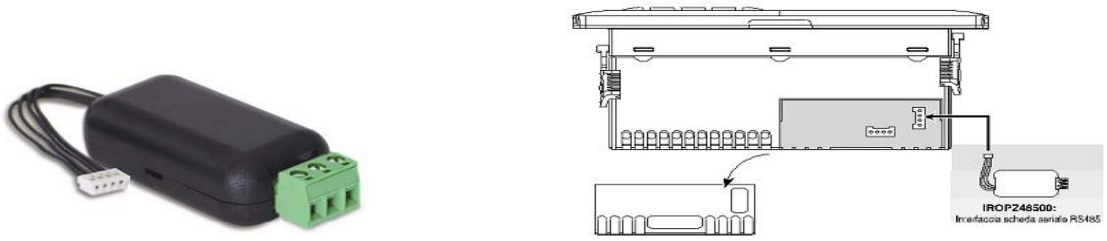


Figura 2 – Conector IROPZ48500

1.3. Outros acessórios

Existem dois acessórios que possibilitam a modificação dos parâmetros do controlador de temperatura: Compact Control remote e chave de programação. As chaves de programação PSOPZKEY00 e PSOPZKEYA0 permitem realizar o upload ou download dos parâmetros do controlador. O Compact Control Remote possibilita a alteração de alguns parâmetros do controlador.

1.4. Características eléctricas

As características eléctricas englobam a tensão de alimentação, entradas, mais especificamente sondas de temperatura, saídas em relé e por fim os esquemas eléctricos.

1.4.1. Alimentação

Os modelos disponíveis fornecem mudança de alimentação de 115Vac a 230Vac (comutação) ou 230Vac de fonte de alimentação. Além disto, todos os modelos possuem o modo de baixa potência, de modo a aumentar a imunidade a quedas de tensão da rede. Quando a tensão dentro dos instrumentos cai abaixo de um certo limite, o controlador desliga o display para reduzir o consumo de energia, embora continue a funcionar normalmente: os principais reles mantêm o seu estado e logo que a tensão volte ao nível normal o display volta também ao nível normal.

1.4.2. Entradas

Todos os modelos da série têm duas entradas para sondas de temperatura (do tipo NTC ou PTC) e também duas entradas digitais. Dependendo dos modelos as restantes entradas digitais podem também ser utilizadas como entradas de sondas de temperaturas. As entradas digitais poderão ser usadas para a sinalização de alarmes que podem implicar a activação / desactivação do degelo ou desactivação imediata de unidades conectadas às saídas do controlador.

As sondas de temperatura podem ser do tipo:

- **NTC standard da Carel**: mede temperatura de -50º a 90ºC. O erro de medição é de 1ºC para o intervalo de -50ºC a +50ºC. Erro de 3ºC no intervalo de -50ºC a 90ºC.
- **NTC de alta temperatura**: mede temperatura de -40º a 150ºC. O erro de medição é de 1.5ºC para o intervalo de -20ºC a +115ºC. Erro de 4ºC no intervalo de -40ºC a 150ºC.
- **PTC standard da Carel**: mede temperatura de -50º a 150ºC. O erro de medição é de 2ºC para o intervalo de -50ºC a +50ºC. Erro de 4ºC no intervalo de -50ºC a 150ºC.

1.4.3. Saídas

As saídas lógicas são reles que possibilitam ligação ao compressor, à ventoinha e a outros componentes. A figura 3 apresenta os relés para os diferentes modelos:

	depending on the model			
		EN60730-1		**UL 873**
		current at 250 Vac	operating cycles	current at 250 Vac	operating cycles
Relay outputs	5 A	5 (1) A	100000	5 A res 1FLA 6LRA C300	30000
	8 A	8 (4)A N.O. 6 (4)A N.C.	100000	8 A res 2FLA 12LRA C300	30000
	16 A	10 (4)A up to 60 °C 12 (2)A changeover	100000	12 A res 5FLA 30LRA C300	30000
	30 A (small version)	12 (8)A N.O.	100000	12 A res 12FLA 72LRA	30000
	2HP	10 (10)A	100000	12 A res 12FLA 72LRA	30000

Figura 3 – Intensidades dos reles do controlador

1.4.4. Esquemas

O esquema eléctrico ilustrado na figura 4 é o modelo que possui mais entradas e saídas.

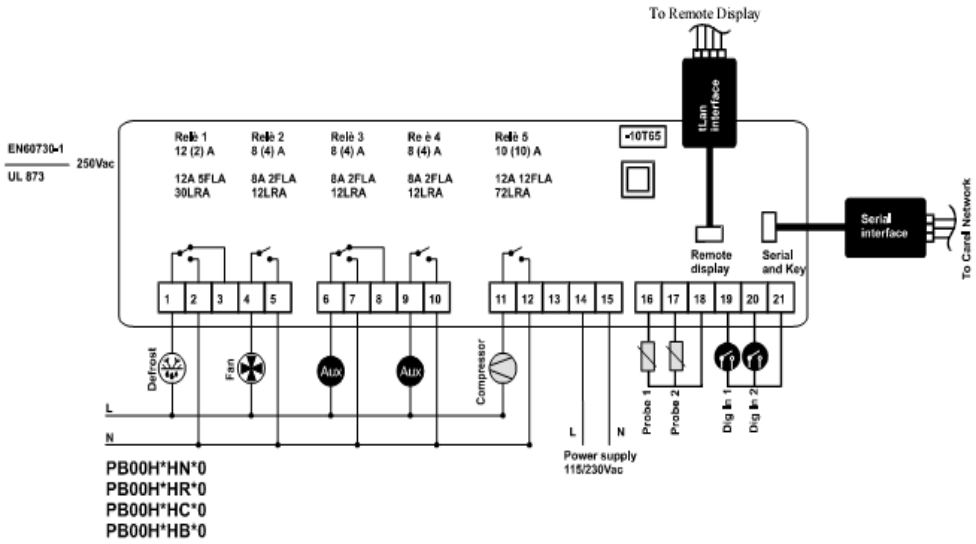


Figura 4 – Esquema eléctrico da série PoweCompact

O número de relés pode variar dependendo do modelo. A alimentação também pode variar.

Para os modelos S e C da série PowerCompact, o esquema é o seguinte.

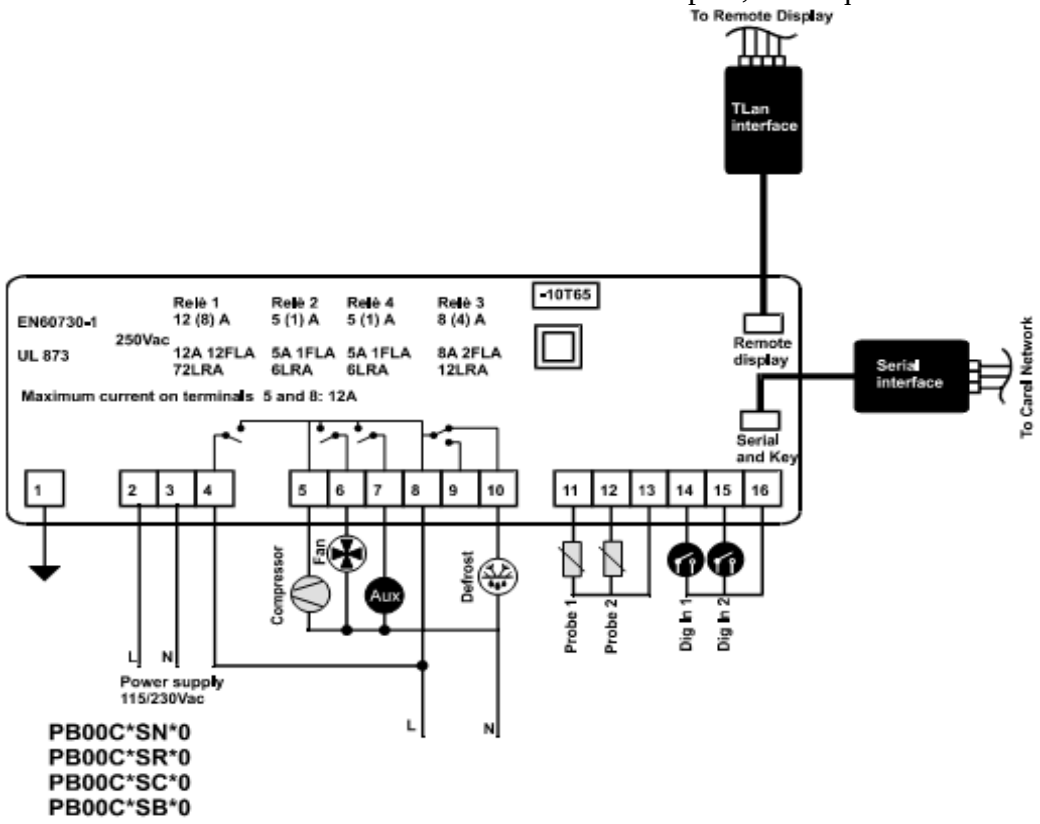


Figura 5 – Esquema eléctrico da série PowerCompact Small

2. Controlador de temperatura ID 974 da Eliwell

O controlador de temperatura nas câmaras frigoríficas é da marca EliWell, modelo ID 974. A figura 6 apresenta o interface do controlador.

Figura 6- Controlador de temperatura EliWell ID974

2.1. Interface

Este interface tem um display e quatro botões que possibilitam programar e controlar o estado do controlador. Os botões existentes possuem as seguintes funções:

Botão UP : Percorre os itens do menu. Permite aumentar valores. Activa o modo manual de definição de função.

Botão DOWN : percorre os itens do menu. Decrementa os valores de parâmetros. Programável por parâmetro.

Botão fnc : Permite sair de uma função. Programável por parâmetro.

Botão set : Acede ao parâmetro setpoint (valor de referência); Acessa aos menus; Confirma os comandos; Caso esteja presente os alarmes, mostra.

2.2. Menus

O controlador possui dois menus para a configuração de parâmetros e visualização dos valores de temperatura das sondas e do valor de referência. Os menus existentes são o Machine Status e o Programming.

2.2.1. Menu Machine Status

Este menu possui os seguintes itens:

- **PB1:** corresponde à pasta de valores da sonda 1. Acedendo a este menu, o display exibe o valor da sonda 1
- **PB2**: corresponde à pasta de valores da sonda 2. Entrando neste menu, o display exibe o valor da sonda 2.
- **SET:** corresponde à pasta de configuração do setpoint (Valor de referência). Neste item é possível alterar o setpoint, no entanto, caso o parâmetro LOC tiver valor y (yes) não é possível a alterar o valor de referência.
- **AL:** Este item corresponde aos alarmes. Caso exista pré-condições para alarmes, o item da pasta "AL" é mostrado no display.

2.2.2. Menu Programming (Programação)

O menu programming permite ao utilizador configurar os parâmetros do controlador. O acesso a este menu pode ser configurado de modo a restringir o seu acesso. Esta restrição é feita através da introdução de uma Palavra-chave, configurada através do parâmetro 'PA1'. É apresentado neste menu uma lista de pastas de parâmetros configuráveis abaixo apresentado:

- **CP:** relativo aos parâmetros de controlo do compressor.
- **dEF:** relativo ao regulador de descongelamento.
- **FAn**: parâmetros do regulador da Ventoinha.
- **AL:** configuração dos alarmes.
- **diS:** configuração do display.
- **CnF:** configuração do tipo de sonda (PTC/NTC), firmware, sonda do evaporador.
- **Fpr**: upload, download dos parâmetros do Copy Card.

A programação dos parâmetros pode ser realizada através do Copy Card, que é um acessório conectado à porta série TTL que contém os parâmetros de programação do controlador. Os seguintes comandos são realizados através do controlador:

- **Fr (Format):** Formata o Copy Card.
- **UL (Upload)**: Carrega para o Copy Card os parâmetros de programação presentes no controlador.

- **dL (Download):** Carrega os parâmetros de programação do Copy Card para o controlador.

2.3. Características eléctricas

As características eléctricas do controlador ID 974 da Eliwell englobam o tipo de sondas, as entradas analógicas, saídas digitais e a comunicação série.

Existem duas entradas analógicas para a medição da temperatura disponíveis em todos os modelos, figura 7. No entanto, é necessário seleccionar o tipo de sonda (NTC ou PTC) a utilizar através dos parâmetros presentes no menu CnF. Os intervalos de medição de temperatura dos diferentes tipos de sondas são os seguintes:

- **Sonda NTC:** -50 a 110ºC
- **Sonda PTC:** -55 a 140ºC

Neste modelo de controlador existe uma versão que fornece uma entrada digital com opção de alarme de porta aberta. Esta versão poderá ser a versão instalada nas arcas do talho boticas. As saídas disponíveis em todas as versões deste modelo são três relés. As correntes máximas admissíveis nos relés são para as saídas do degelo, compressor e ventoinha as seguintes:

- **Degelo** - 8 Amperes
- **Compressor** - 8 Amperes
- **Ventoinha** - 15 Amperes

A tensão de alimentação pode ser 12 Volts contínuos ou 230 Volts alternados. A comunicação série existente neste controlador destina-se ao download, upload e ao reset dos parâmetros através do Copy Card. Este modelo não possui suporte para rede. O modelo desta marca que possui suporte à rede é o ID 974 LX MODBUS, através do protocolo Modbus.

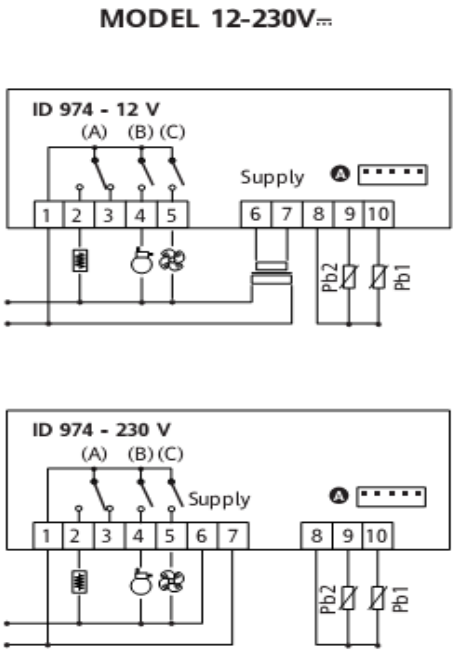
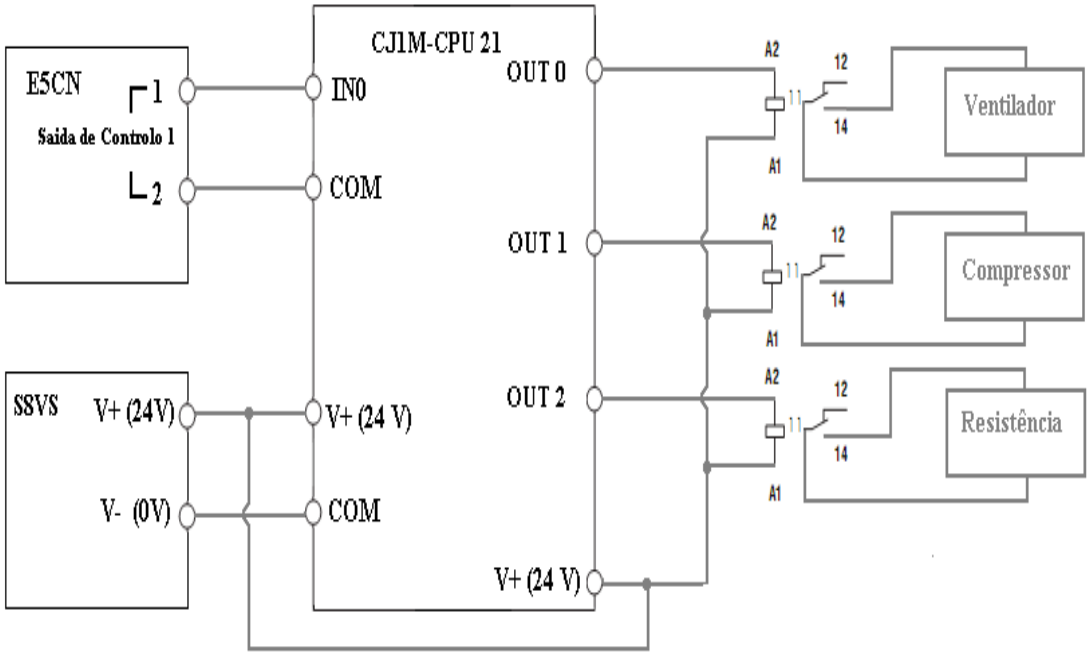


Figura 7 – Esquema eléctrico ID 974 (230V e 12V)

1- Contacto comum do relé
2- Contacto aberto do relé de degelo
3- Contacto fechado do relé de degelo
4- Contacto aberto do relé do compressor
5- Contacto aberto do relé da ventoinha
6 e 7- Alimentação
8 e 9- Entrada da sonda 1 (evaporador)
8 e 10 – Entrada da sonda 2 (termóstato)
A- Entrada TTL para o Copy Card

Anexo 4 – Esquema Eléctrico de Ligação do Controlador de Temperatura E5CN ao autómato



Anexo 5 - Referência ao Ladder desenvolvido para o autómato

O código em Ladder encontra-se em anexo no CD.

Anexo 6 - Listagem de VI desenvolvidas

VI Desenvolvida	Função
Configuração	VI para configurar a porta série
write_DM_v3	VI que gera parte da trama de escrita na Memória
timer_horas_v2	Converte horas para timer de milissegundos
timer_min_v2	Converte minutos para timer de milissegundos
FCS_v3	Gera o FCS da Trama
Field_verify_v2	VI de auxílio para a verificação do FCS
format_data	Formata a data do registo de temperatura no autómato
format_hour	Formata a hour do registo de temperatura no autómato
format_relatorio	VI de auxílio de formato do relatório
Funcionarios	VI de interface
introduzir_v3	Introduz os dados na base de dados
login	VI de interface para o efectuar o Login
menu	VI de interface para o Menu destinado ao Administrador
Menu_Assistente	VI de interface para o Menu destinado ao assistente
Mes_string	Transformar um mês em string
Mundar_palavra	VI de interface para mudar a Palavra-chave de um utilizador
read_memory	VI para leitura da área de memória
recolher_temp_ciclos	VI de auxílio para Transferência_dados_1_vitrina
recolher_temps_v2	VI de auxílio para Transferencia_dados_1_vitrina
Relatorio	VI de inteface para escolha de relatório
relatorio_pdf	Gera o relatório no formato PDF
relatorio_xls_v2	Gera o relatório no formato Excel
send	Envia uma trama para a porta série
string_2_blocos_v3	Transforma string de 4 caraceres em blocos
tempo_real	Obtem a data e hora do computador

Transferencia_dados_1_vitrina	Transfere as temperaturas do autómato para a base de dados
verifica_trama	Verifica a o FCS da Trama
verifica_trama_write	Verifica a trama de resposta a pedido de escrita na memória
write_HR_area	Escreve na área de memória HR
write_memory_plc	Escreve na área de memória
write_memory_plc_bcd_v2	Escreve na memória em BCD
write_memory_plc_v2	Escreve na memória em BCD

Anexo 7 – Exemplo de Relatório de Temperaturas em formato PDF

RELATÓRIO DE TEMPERATURA

Funcionario: Ricardo Freitas
Camara: 2
Intervalo de Tempo: 17/03/09 a 19/03/09
Data de geração do Relatorio: quinta-feira, 22 de Outubro de 2009
Hora de geração do Relatorio: 3:17

Data	Hora	Temperatura
18-03-2009	13:00:00	2
18-03-2009	1:00:00	2
18-03-2009	3:00:00	3
18-03-2009	4:00:00	3
18-03-2009	5:00:00	3
18-03-2009	6:00:00	2
18-03-2009	7:00:00	3
18-03-2009	8:00:00	2
18-03-2009	9:00:00	1
18-03-2009	10:00:00	3
18-03-2009	0:00:00	1
18-03-2009	12:00:00	3
18-03-2009	23:59:00	3
18-03-2009	14:00:00	1
18-03-2009	15:00:00	0
18-03-2009	16:00:00	2
18-03-2009	17:00:00	1
18-03-2009	18:00:00	3
18-03-2009	19:00:00	3
18-03-2009	20:00:00	3
18-03-2009	21:00:00	3
18-03-2009	22:00:00	2
18-03-2009	23:00:00	3

www.sarcos.PDFToolkit For LabVIEW!

18-03-2009	11:00:00	3

www.carya.nl, PDF Toolkit For LabVIEW!

Anexo 8 - Exemplo de Relatório de Temperaturas em formato Excel

RELATÓRIO DE TEMPERATURA

Funcionario: Ricardo Freitas
Camara: 2
Intervalo de Tempo: 17/03/09 a 19/03/09
Data de geração do Relatorio: sábado, 24 de Outubro de 2009
Hora de geração do Relatorio: 12:48

Data	Hora	Temperatura
18-03-2009	13:00:00	2
18-03-2009	1:00:00	2
18-03-2009	3:00:00	3
18-03-2009	4:00:00	3
18-03-2009	5:00:00	3
18-03-2009	6:00:00	2
18-03-2009	7:00:00	3
18-03-2009	8:00:00	2
18-03-2009	9:00:00	1
18-03-2009	10:00:00	3
18-03-2009	0:00:00	1
18-03-2009	12:00:00	3
18-03-2009	23:59:00	3
18-03-2009	14:00:00	1
18-03-2009	15:00:00	0
18-03-2009	16:00:00	2
18-03-2009	17:00:00	1
18-03-2009	18:00:00	3
18-03-2009	19:00:00	3
18-03-2009	20:00:00	3
18-03-2009	21:00:00	3
18-03-2009	22:00:00	2
18-03-2009	23:00:00	3
18-03-2009	11:00:00	3

Anexo 9 - Artigo submetido na conferência ISIE 10

Monitoring and Control of a Cooling System in a Commercial Store

Ricardo Freitas[1], Filomena Soares[1], Vitor Vieira[2]

[1]Industrial Electronics Department, University of Minho, Guimarães, Portugal, e-mail: fsoares@dei.uminho.pt
[2]Omron Electronics Iberia SA, Porto, Portugal

***Abstract*-This paper presents the optimization, the monitoring and the automatic control of an existing refrigeration system in a commercial store. The existing controllers were replaced by Omron temperature controllers, connected in an industrial network and linked to a central computer for data monitoring and temperature control using a Lab View program developed for this task. In case of an alarm occurrence, this system includes a routine that automatically sends a GSM message to alert the person responsible for the store. This functionality is not yet available in commercial systems.**

1. INTRODUCTION

The objective of a refrigeration plant is to cool down articles or substances and maintain them at a temperature lower than the ambient temperature. Therefore refrigeration can be defined as a process that removes heat.

Refrigeration systems are thus fundamental to ensure the quality and preservation of the various products in the food industry, including the conditioning store of perishable food products and the conservation of pre-frozen products. Refrigeration slows down the proliferation of bacteria in food: the technique used in practice is based on the extremely rapid and intense action of the cooling effect, which allows the organoleptic properties of the food to be preserved, thus extending the conservation time.

The main refrigeration units used for the conservation of food are: Cold rooms, Maturing rooms, Cabinets, Display cases.

The systems designed and installed for both industrial and retail applications are based on standard procedures and techniques. In particular, butcher stores folow the HACCP system (Hazard Analysis and Critical Control Point) [1] that guaranties the quality and the meat conservation. One of the principles of this system is the recording of temperature at pre-determined intervals. Often, this is done twice a day by an employee, generally in the morning and in the evening.

Formerly, the temperature control of the cooling systems was carried out by analog thermostats governing the maximum and minimum temperatures. Today, electronic temperature controllers are used being able to automatically set the maximum and minimum temperatures, define the temperature display, specify the thawing process and program the alarm activation. Some controllers have the possibility of being placed and connected in a network for a continuous register of temperature profile [2].

In the cooling process two methods are used: mechanical refrigeration and refrigeration by ice [3]:

• In Mechanical Refrigeration refrigerant fluids are used. The fluid follow the different stages of the system, where heat is absorbed and transported to another area, through fluid compression, condensing, expansion and evaporation processes. A refrigerant, therefore, must have properties whereby it evaporates at a low temperature and pressure, absorbing heat, and then gives up this heat by condensing at a higher temperature and pressure. This procedure requires the contribution of energy. Commonly, the mechanical method of cooling is employed in domestic use and in commercial stores.

• Refrigeration by ice is seldom employed. This method is based on a two compartment thermal isolated system where ice is placed in the upper compartment and the food in the other room. Refrigeration process lasts until the ice melts.

A monitoring system for cooling systems is then characterized by the measurement of temperature in pre-determined moments, including

the generation of alarms, as for example in case of occurrence lack of energy.

The need for measurement of temperature led to the emergence of new software for data monitoring. There are some commercial interactive refrigeration systems from specialized companies in the field.

The ADAP-KOOL system from Danfoss® Company is an example [4]. This system includes a refrigeration control system, AKM that allows the temperature monitoring via a Personal Computer (PC) which includes the following functionalities:

- Centralized management;
- Optimized cold system;
- Alarms;
- Emergency operations;
- Data acquisition and communication.

ADAP-KOOL® system can be employed in small, medium and large equipments.

Carel systems are another example of commercial refrigeration systems [5].

An example of commercial software is the Portuguese company Domopor holding system TCS.wireless. This system allows the temperature registration from wireless probes, placed in the cold stores [6]. Among others, the system has the following characteristics:

- Possibility of sending the information to the maintenance companies;
- Alarm generation;
- Real-time control of occurrences;
- Temperature monitoring in a centralized computer;
- Elaboration of reports, graphs and statistics;
- Report printing;
- Remote access, via the Internet, to temperature profiles in each store and equipment, guarantying the efficiency of the refrigeration system.

This paper is focused on the optimization of an existing refrigeration system, still manually operated, in order to improve system efficiency. The existing controllers were replaced by Omron [7] temperature controllers, connected in an industrial network and linked to a central PC for data monitoring and temperature control. In case of alarm, this system includes a GSM (Global System for Mobile communications) functionality, which is not available in any commercial systems in the market.

The paper is divided in four sections. In section 1, a brief overview of the subject as well as an overview of the commercial equipment existent is presented. Section 2 explains the commercial store (butcher) layout. Then, in section 3, the monitoring system is explained and in section 4, the control system is described. Finally, the conclusions and the future work are detailed.

2. THE BUTCHER SHOP

The refrigeration system consists of four elements: a compressor, a condenser, an expansion valve and an evaporator. The entire system is filled with a refrigerant fluid whose thermodynamic features changes. The system is controlled by an electronic thermostat which gets the temperature from the cold room and switches the system devices in accordance with the measurement temperature and the set point temperature in the controller.

The butcher shop has five display cases for meat and three refrigerated cold storage rooms. The display case is composed by: one fan of evaporator with heater resistances; a solenoid valve to control movement of fluid refrigerant; temperature sensors - for room temperature display and for the defrost process and one digital controller of Carel company to control the refrigeration process. These five display cases are linked to compressor located outside the shop.

The three refrigerated cold storage rooms have different proposals. One room is intended to freezing, and has an evaporator with heater resistances for defrost. The shop has a room to conservation and another for meat cutting room, where the meat is processed. Each room has a compressor group and a digital controller of Eliwell, model ID974 [8].

The cold storage rooms and display cases have a dedicated electrical board. This board allows the power down of each group compressor. It has an indication light of thermal relay for protection of compressor and an indication light for start and stop the compressors.

The layout of the butcher shop is illustrated in figure 1.

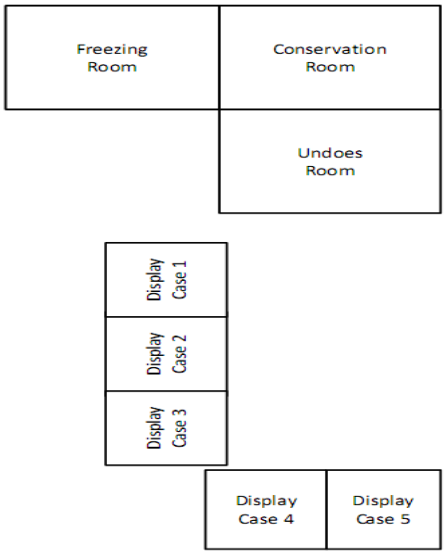


Fig 1 Layout of the butcher store

3. THE MONITORING SYSTEM

In the following sub-sections the monitoring system is presented and explained in detail.

- *System Description*

This project is focused on the development of a monitoring and control a system of a refrigeration process. It records the temperature at pre-determined hours from the different temperature controllers, installed in the display cases and in the cold rooms. These temperatures profiles are stored in a Programmable Logic Controller (PLC). This PLC is connected to a Personal Computer where an application developed in LabView [9] collects the temperature, to be saved in a Microsoft Access 2007 database. This application has several functionalities detailed in the following section.

- *Software Features*

The LabView program allows displaying the graphics of the temperature profiles of the refrigeration room or the showcases after selecting the room/showcase identification number and the date. It shows the maximum, minimum and average temperature in each refrigeration equipment. The software available in the market for monitoring such systems is implemented in programming languages such as Visual C++, MFC. This work is a new approach, as it uses the graphical language LabView.

The monitoring program allows the generation of reports of the temperatures profiles (in Excel format or PDF), to be presented to the authorities. Also, the system allows performing a statistics analysis and a configuration of the defrost parameters The system includes an alarm generation function in case of a power failure or some malfunction that automatically sends a message via GSM to the person responsible for the store.

- *System Overview*

The equipment used in the monitoring system is a personal computer, an OMRON Programmable Logic Controller model CJ1M with communication module SC41, and two temperature controllers model E5CN with RS485 communication.

The E5CN belongs to a general-purpose family of temperature controllers. The main features of this controller are the choice of control mode (Proportional, Integral and Derivative type controller, PID, or ON/OFF controller), the type of control output such as relay, relay hybrid, linear current or voltage. This controller can easily be configured, either manually or through connection to the PC with parameter cloning, setting and tuning.

The communication between the PC and the PLC is established by the standard transmission RS232 and the protocol of communication is the Factory Interface Network Service (FINS) [10], owned by OMRON (Figure 2).

The communication between the PLC and the temperature controllers is performed by RS485 transmission method and using protocol of communication Compoway/F from OMRON.

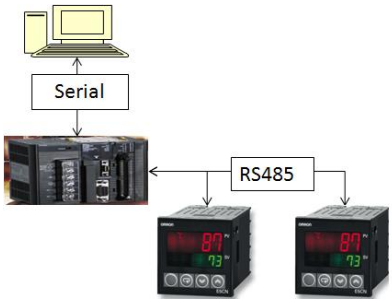


Fig 2 Overview transmission method

The RS-485 is a transmission method capable of providing robust communication in a multipoint configuration, which can connect up to 32 network devices, separated by several hundred meters away. This method of transmission is widely used in industry control systems because the cost of installation and maintenance for local networks is low. Through the RS485 network different types of communication protocols can be used. The protocols of communication available on the temperature controller E5CN are CompoWay/F and Modbus®[11]. The Modbus® is a communication protocol which allows the connection to PLC's of other manufacturers.

An overview of the transmission method and protocol of communication between PC, PLC and temperature controllers can be seen in Figure 2 and Figure 3.

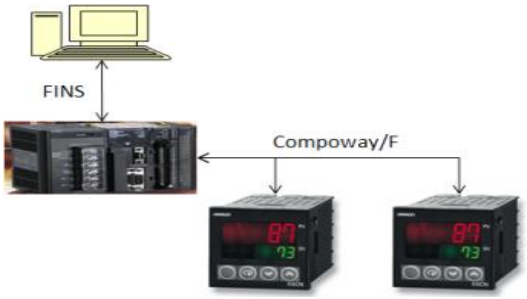


Fig 3 Overview of communication protocol

- *Collection of temperature of temperature controller by PLC*

The collection of temperature profiles from the different controllers located in the display cases/cold rooms is done at pre-determined hours through the PLC. These intervals can be set to different values in the PLC Data Memory (DM) area. The PLC request to the controller temperature in display case, wait for response and then store temperature information in memory. The algorithm used in PLC to obtain temperature is represented in the flowchart (Figure 4).

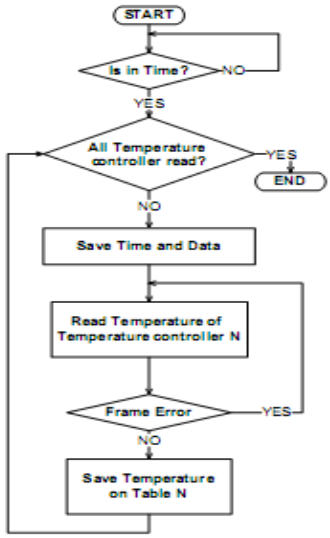


Fig 4 Flowchart of temperature profiles acquisition

- *Temperatures transmission to LabView*

The application in LabVIEW installed in the PC is used to collecting and storing the temperature in a database. To communicate with PLC it is necessary to use FINS Protocol. The algorithm developed to transfer temperatures values to tables is shown in the flowchart in Figure 5.

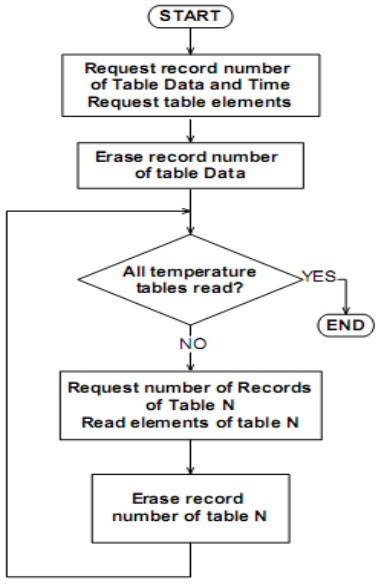


Fig 5 Flowchart of transference between PLC and LabView

- *Microsoft Access Database*

The database is used to permanently store the temperatures profiles recorded by the PLC. This database was developed in Microsoft Access 2007. For the communication with LabView software it

was used a module developed by National Instruments, called Database Connectivity Toolset 1.0.1 [12].

The LabView Database Connectivity Toolkit is an easy tool that allows quick connection to local and remote databases and the operations of Structured Query Language (SQL). The program allows the connection to Microsoft Access, SQL Server, and Oracle. The advantage of using the database versus file system are the reduction of the development time, sharing of data in the application level, data security, data integrity, reduction of redundancy and the modified data are immediately available.

The design of the database is done by the construction of the Entitiy - Relantionship diagrams, reflecting the perception that users have to the data, which are independent from any physical implementation. The diagram entities - relantionships uses a graphic convention which aims to give a simple, intuitive and fast understanding of the configured entities and the corresponding relantionships between them. The attributes or data fields of an entitiy provide relevant information, a particular entitiy and the attributes characterizing an entitiy.

The database developed consists of three tables with different purposes:

- Chamber - features cold room/display cases: Number of room/display, description (display or cold room), maximum and minimum temperature allowed;
- Record – store the temperature of each chamber. The table fields are: register number, date of registration, time of registration, chamber temperature, chamber number;
- User: save the data of the users of the program in LabView, such as the login and password of employees, telephone number, position, phone, priority of transmission.

The relantionships between tables are presented in Figure 6.

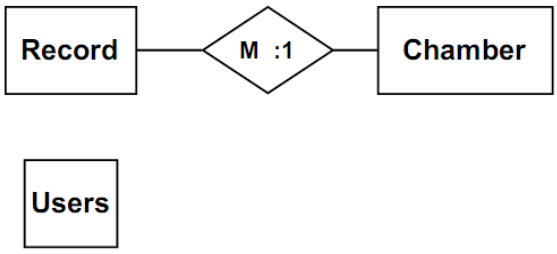


Fig 6 Diagram Entitiy-Relantionship

To view the graph of the temperature profile over 24 hours, it is necessary to select the registration date of temperature and the cold room/ display case identification number (Figure 7).

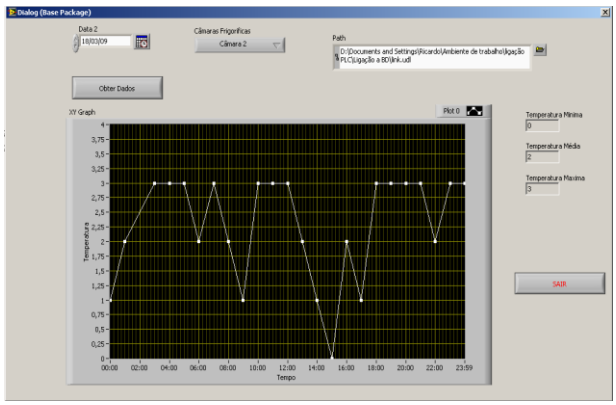


Fig 7 Visualization of temperature in cold room during 24 hours

The program generates a SQL query to obtain the temperature values. The program also shows maximum, minimum and average temperatures. These values are searched through SQL query, shown in Figure 8.

```
SQL QUERIES

SELECT HORA, TEMPERATURA FROM REGISTO WHERE
DATA=#MM-DD-YY# AND CAMARA=NUMERO

SELECT MAX(TEMPERATURA) FROM REGISTO WHERE
DATA=#MM-DD-YY# AND CAMARA=NUMERO

SELECT MIN(TEMPERATURA) FROM REGISTO WHERE
DATA=#MM-DD-YY# AND CAMARA=NUMERO

SELECT AVG(TEMPERATURA) FROM REGISTO WHERE
DATA=#MM-DD-YY# AND CAMARA=NUMERO
```

Fig 8 SQL queries

- *Software Interface*

When the user starts the program, the window to identify the user identification is shown, where he/she enters his/her login and password, Figure 9. By input a password it prevents the access of an unauthorized person to the program, thus protecting the data cold room and display case.

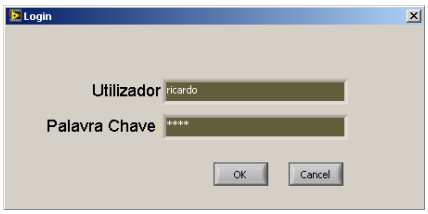


Fig 9 Login Window

After validating the access, a main window with several buttons related to different functions is shown. Depending of the user permissions (manager or employee), different options are available. If the user is a manager, the menu consists of the following items:

- Introduction and preview of employees;
- Employees to be advised;
- Temperatures Reports;
- Display of temperatures;
- View temperature in real-time;
- Change of password.

If the user is an employee the system shows the following features: temperature reports, temperature display, temperature display in real time and changing the password.

Figure 10 shows a menu for introduction the staff elements, in particular the employee's name, address, phone number, the user login, and password and password confirmation. This window is only available to the user with the function of manager.

If the user forgets to fill any of the fields, a pop-up window appears to warn that it lacks to fill up a field. An example is the case of a wrong password, where it appears the following message "Wrong Password". If multiple fields are unfilled, the following message will be showed "Fill the missing fields". It must be referred that the program is written in Portuguese.

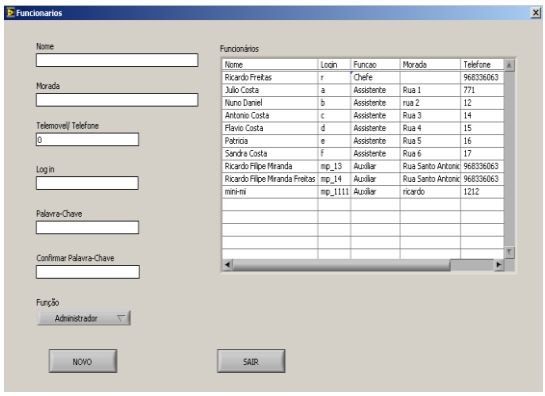


Fig 10 Introduction of staff

The system manager must define the list of employees to be advised, by sending a SMS message (Short Message Service) via the GSM modem, in case of an alarm generation. The order by which the employees are warned is defined by the priority. It is possible that two employees have the same priority, thus, they are informed at the same time with a message.

The temperature reports window allows the user to obtain reports of the temperature by month, within a given period of time, in a year. This time period is related to one cold room or display case. These reports can be generated in Excel or PDF Formats.

In the View temperature window, it allows the selection of a refrigerator or display case and the

visualization of the corresponding temperature display in real time.

The user password can be changed in the password window, Figure 11. This window asks for the user old password, the new password and the confirmation of the new password. In order to confirm this operation it is necessary to press the button *Mudar* (Change).

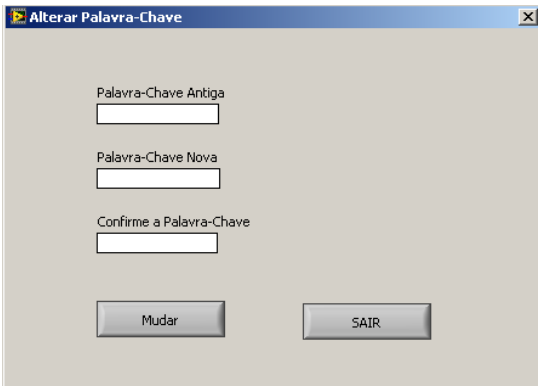


Fig 11 Changing user's password

4. THE CONTROL SYSTEM

The control system controls performs control of temperature in display cases to preserve perishable articles and food. Also executes evaporator defrost. In following sub-sections, the control system is presented and explained.

- *Control of Refrigeration*

The cooling system is controlled by E5CN controller that permits conserve the perishable articles. The temperature in cooling system is controlled through manipulation of compressor and evaporator. The temperature in the cooling system is controlled by a digital thermostat. The thermostat receives information about the temperature on display case through a temperature probe. Depending on the temperature measured at the probe, the thermostat active compressor and evaporator. If the temperature measured is above the desired more the difference (hysterese), the compressor and evaporator is activated. When the temperature is lower than the desired temperature, the cooling is interrupted, and so the compressor and evaporator.

The controller is connected to PLC by a relay. It's order activation of compressor and evaporator. The PLC is connected to compressor, evaporator and electric resistance by relays [13].

- *Evaporator Defrost*

The control system allows the configuration of evaporator defrost. This process is present in all controllers of refrigeration equipments. The purpose of defrost is remove the ice in fan on evaporator avoiding the overloading in cooling system. There are various methods of defrosting: hot gas, electric, water, air, among others. In these methods, the time between defrosts and duration are the common parameters [14]. The method used it was electric defrost but it is possible choose air, just in case of equipment doesn't have support to electric defrost [15] [16].

In defrosts software developed is possible choose between defrost with or without resistance in evaporator. The software configure period of time between defrosts and time of them. It also permit insert time parameters of phases defrosts. After this, the software sends the parameters to PLC for next defrost.

Defrost is performed by PLC, which control the electric resistance, compressor and evaporator in different stages of defrost.

5. CONCLUDING REMARKS AND FUTURE WORK

In this paper we presented a new system for monitoring and control a cooling system in a commercial store. It samples and records the temperature in pre-determined moments from the temperature controllers, installed in the display cases and in the cold rooms that are placed in an industrial network. These temperatures profiles are stored in a Programmable Logic Controller which is connected to a Personal Computer. Here, a LabView custom developed application collects the temperature, plots the temperature profiles in graphical environments (registering maximum, minimum and average values) and saves the results in a Microsoft Access 2007 database. The software has different levels of permission access. Also, a statistics analysis can be performed and configuration of defrost evaporator parameters. The control system controls the cooling system and performs evaporator's defrost.

We strongly believe that this structure meets all the proposed requirements, making it a useful and versatile system for a correct use in commercial systems.

The future work includes the integration of a GSM modem connected to the PLC, with the

purpose to send a message in case of a power failure or an equipment malfunction.

References

[1] Monteiro, V. (2001). Novas Técnicas de Refrigeração Comercial em Hotelaria - Volume I. Lidel (in Portuguese)
[2] Dossat, R. J. Principles of Refrigeration (3rd ed.). Englwodd Cliffs: Prentice-Hall Career & Technology, 1991.
[3] Estados Unidos. Navy. Bureau of Naval Personnel. Refrigeração e condicionamento de ar / U. S. Navy, Bureau of Naval Personnel, Training Publications Division. São Paulo: Hemus.
[4]http://www.danfoss.com/Portugal/BusinessAreas/Refrigeration+and+Air+Conditioning/EducationAndTraining/RefrigerationSystem.htm (accessed on March 2009)
[5] http://www.carel.com/carelcom/web/eng/mercati/freddo.jsp (accessed on March 2009)
[6] http://www.domopor.com/PT/PAGE_Solucoes_TCS.htm (accessed on March 2009)
[7] www.omron.pt (accessed on March 2009)
[8] www.eliwell.it (accessed on March 2009)
[9] www.ni.com (accessed on March 2009)
[10] Sysmac CS/CJ Series Communications Commands Reference Manual, Omron.
[11] E5CN, E5AN, E5EN Digital Temperature Controllers: Communications Manual, Omron.
[12] http://www.ni.com/toolkits/lv_db_conn.htm (accessed on March 2009
[13] CJ1M-CPU Programmable Controllers Operation Manual.
[14] Primozic, J. & Sverko, R. Control in Refrigeration Systems.
[15] Monteiro, V. Novas Técnicas de Refrigeração Comercial em Hotelaria - Volume I. Lidel, 2001
[16] Creus, J. A. Tratado Prático de Refrigeração Automática, Dinalivro, 1980.